

GILSON LUCIO RODRIGUES

**POEIRA E RUÍDO NA PRODUÇÃO DE BRITA A PARTIR DE
BASALTO E GNAISSE NAS REGIÕES DE LONDRINA E CURITIBA,
PARANÁ: INCIDÊNCIA SOBRE TRABALHADORES E MEIO
AMBIENTE**

Tese apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Geologia, área de concentração Geologia Ambiental, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Luiz Eduardo Mantovani

Co-orientador: Prof. Dr. André Virmond
Lima Bittencourt

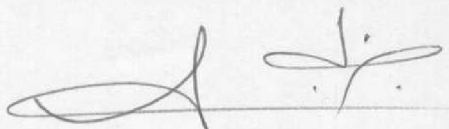
**CURITIBA
2004**

TERMO DE APROVAÇÃO

GILSON LUCIO RODRIGUES

POEIRA E RUÍDO NA PRODUÇÃO DE BRITA A PARTIR DE BASALTO E GNAISSE NAS REGIÕES DE LONDRINA E CURITIBA NO ESTADO DO PARANÁ: INCIDÊNCIA SOBRE TRABALHADORES E MEIO AMBIENTE.

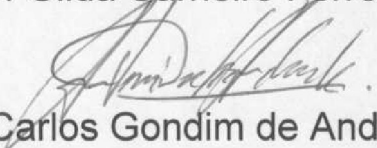
Tese de Doutorado aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Doutor no Curso de Pós-Graduação em Geologia, com área de concentração em Geologia Ambiental, da Universidade Federal do Paraná, pela Comissão formada pelos Professores:



Prof. Dr. Uriel Duarte - USP



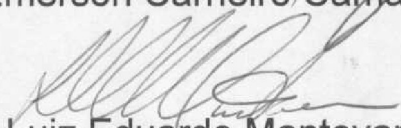
Prof.ª. Dr.ª. Gilda Carneiro Ferreira - UNESP



Prof. Dr. Antonio Carlos Gondim de Andrade e Silva - UFPR



Prof. Dr. Emerson Carneiro Camargo - UFPR



Prof. Dr. Luiz Eduardo Mantovani - UFPR
Presidente

Curitiba, 04 de junho de 2004.

*Aos meus pais (in memoriam) e meus familiares
por tudo que dedicaram à minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Luiz Eduardo Mantovani pelo acompanhamento e revisão do estudo.

Ao professor Dr. André L. V. Bittencourt pelas críticas que proporcionaram melhorias no trabalho.

Ao professor Dr. José Manoel dos Reis Neto pela colaboração prestada durante este estudo.

À professora Dra. Elenice Fritzsos da FAMEC pela inestimável ajuda neste trabalho.

À Eliane pela revisão das referências.

Ao Plínio M. De Toni pelo apoio nas análises estatísticas

Ao professor Dr Danilo pelo auxílio prestado para esta pesquisa.

À Kelita Lopes pela colaboração nas análises químicas e petrográficas, além de constante incentivo.

Ao Eduardo Algranti pelas sugestões que trouxeram benefícios ao estudo.

À Norma C. do Amaral e Ana Tibiriçá pelo auxílio nas análises de sílica.

À Alcinéa pela contribuição inestimável durante todo trabalho.

Ao Willy e Teodorico pelo companheirismo e auxílio nos trabalhos de campo.

Ao Rebelo, Evelyn, José Francisco e Nelson pelo apoio constante e sugestões nos momentos em que precisei de auxílio.

À Laís, Carla e Sérgio Henck do LACTEC pelo apoio nas realizações de análises do MEV.

Ao Luiz Eduardo Schlichta pela Editoração e Diagramação.

Ao Carlos Sérgio, João Apolinário, Grícia e Manuel pela amizade e incentivo constante.

À Eliane, João (in memorian), Ary, Batista e Sálvia pela amizade e apoio.

À Marileusa, Djalma, Claudia, Berilo e Pedro pela amizade e estímulo.

A turma do Círculo Militar pelos momentos de lazer, também importante para a conclusão do trabalho.

À todos os colegas e amigos da FUNDACENTRO e DNPM que de alguma maneira colaboraram neste trabalho.

À FUNDACENTRO pelo apoio técnico-financeiro indispensável a realização deste estudo.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	01
1.1 OBJETIVOS	04
1.1.1 GERAL	04
1.1.2 ESPECÍFICOS	04
1.2 HIPÓTESE	04
1.2.1 PRINCIPAL	04
1.2.2 SECUNDÁRIA	05
1.3 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO	05
2 MARCO TEÓRICO SOBRE O TEMA	08
2.1 ASPECTOS SÓCIO ECONÔMICOS E AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO DE BRITA	08
2.2 ACIDENTES DO TRABALHO E DOENÇAS OCUPACIONAIS NO BRASIL	12
2.3 INFLUÊNCIAS DA ATIVIDADE DE MINERAÇÃO SOBRE O MEIO AMBIENTE E TRABALHADORES	20
2.3.1 Sobre o Meio Ambiente	20
2.3.2 Condições de Segurança	22
2.3.3 Agentes Ambientais	23
2.3.3.1 Partículas em suspensão	23
2.3.3.2 Ruído	28
2.4 DISPERSÃO E DEPOSIÇÃO DO MATERIAL PARTICULADO	29
2.4.1 Movimento do Ar	29
2.4.2 Temperatura do Ar	31
2.4.3 Precipitações	32
2.4.4 Umidade	32
2.4.5 Deposição das Partículas	33
3 PARTE EXPERIMENTAL	34
3.1 ÁREAS DE ESTUDO	34
3.1.1 Aspectos Geológicos e Geomorfológicos	34
3.1.2 Geologia Local das Áreas Estudadas	37
3.1.3 Descrição Geral das Áreas de Estudo	38
3.1.3.1 Áreas das empresas de basalto	38
3.1.3.2 Áreas da empresa de gnaiss	42
3.1.4 Interferências Para o Meio Ambiente	45
3.1.5 Condições de Segurança	46
3.2 MÉTODOS	48
3.2.1 Descrição Geral	48
3.2.1.1 Levantamento e análise dos dados existentes	50
3.2.1.2 Reconhecimento de campo	50
3.2.1.3 Avaliação e análise dos agentes ambientais em estudo	51
3.2.1.4 Critérios utilizados	52
3.2.2 Material Particulado	53
3.2.2.1 Para o meio ambiente	53
3.2.2.2 Para o ambiente de trabalho	56
3.2.3 Ruído	57
3.2.3.1 Para o trabalhador	57
3.2.3.2 Para o meio ambiente	57
3.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E PETROGRÁFICAS DAS ROCHAS EM ESTUDO	58
3.3.1 Análise Química	60
3.3.1.1 Metodologia utilizada	60
3.4 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NAS AVALIAÇÕES AMBIENTAIS	61
3.4.1 Material Particulado	61
3.4.1.1 Para o meio ambiente	61
3.4.1.2 Para o ambiente de trabalho	64
3.4.2 Ruído	65

3.5 DETERMINAÇÃO DA FORMA E TAMANHO DAS PARTÍCULAS.....	65
4 RESULTADOS OBTIDOS.....	67
4.1 EMPRESA X (BASALTO).....	67
4.1.1 Poeira	67
4.1.1.1 Para o meio ambiente	67
4.1.1.2 Para o trabalhador	68
4.1.2 Ruído	69
4.2 EMPRESA Y (BASALTO).....	70
4.2.1 Poeira	70
4.2.1.1 Para o meio ambiente.....	70
4.2.1.2 Para os trabalhadores	71
4.2.2 Ruído	72
4.3 EMPRESA Z (GNAISSE).....	72
4.3.1 Poeira	72
4.3.1.1 Para o trabalhador	72
4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	73
4.4.1 Condições Sócio Econômicas dos Trabalhadores na Área Estudada.....	73
4.4.2 Avaliações Ambientais.....	80
4.4.2.1 Agentes ambientais para o meio ambiente.....	81
4.4.2.1.1 Ruído	81
4.4.2.1.2 Poeira	81
4.4.2.2 Agentes ambientais para os trabalhadores.....	84
4.4.2.2.1 Ruído	84
4.4.2.2.2 Poeira	85
4.4.3 Análises Químicas e Petrográficas das Amostras das Frentes de Lavra.....	86
4.4.3.1 Análise química.....	86
4.4.3.2 Análise petrográfica.....	88
4.4.4 Morfologia e Tamanho das Partículas na Poeira.....	93
4.4.4.1 Morfologia das partículas.....	93
4.4.4.2 Tamanho das partículas.....	102
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	106
5 ANÁLISE E SUGESTÕES DE MEDIDAS PARA MELHORIA DAS CONDIÇÕES DE TRABALHO E DO MEIO AMBIENTE	113
5.1 IMPACTO VISUAL	113
5.2 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA	116
5.2.1 Métodos de Controle ou Minimização da Poeira	116
5.2.2 Dispositivos Para Coleta de Poeira	118
5.2.2.1 Coletor de poeira por gravidade	119
5.2.2.2 Coletor de partículas por centrifugação	122
5.2.2.3 Coletor de poeira por filtração	126
5.2.3 Equipamentos de Aspersão de Água	132
5.3 RUÍDO.....	137
5.4 MEDIDAS A SEREM IMPLANTADAS NAS EMPRESAS ESTUDADAS.....	139
6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	141
6.1 CONCLUSÕES SOBRE O TRABALHO	141
6.2 CONCLUSÕES SOBRE A METODOLOGIA UTILIZADA	142
6.3 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	143
REFERENCIAS	145
ANEXOS	154
ANEXO 01 – LEGISLAÇÃO.....	154
ANEXO 02 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO ESTADO DO PARANÁ.....	166
ANEXO 03 – QUESTIONÁRIO.....	167
ANEXO 04 – FOTOS DOS EQUIPAMENTOS DE MEDIÇÃO.....	169

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01 – LOCAL DE DEPOSIÇÃO DAS PARTÍCULAS NO SISTEMA RESPIRATÓRIO HUMANO.....	25
FIGURA 02 – ILUSTRAÇÃO DA ROSA DOS VENTOS E ROSA DOS POLUENTES....	31
FIGURA 03 – MAPA GEOLÓGICO DO ESTADO DO PARANÁ.....	35
FIGURA 04 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO ESTADO DO PARANÁ.....	166
FIGURA 05 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	39
FIGURA 06 – MAPA TOPOGRÁFICO COM HIDROGRAFIA DO ENTORNO DA EMPRESA X	41
FIGURA 07 – MAPA TOPOGRÁFICO COM HIDROGRAFIA DO ENTORNO DA EMPRESA Y.....	41
FIGURA 08 – MAPA TOPOGRÁFICO COM HIDROGRAFIA DO ENTORNO DA EMPRESA Z	43
FIGURA 09 – ROSA DOS VENTOS DA REGIÃO DE LONDRINA.....	44
FIGURA 10 – ROSA DOS VENTOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA.	44
FIGURA 11 – CABINE DO OPERADOR FIXA À ESTRUTURA DO BRITADOR.....	48
FIGURA 12 – INSTALAÇÕES PREDIAIS EM PÉSSIMAS CONDIÇÕES.....	48
FIGURA 13 – ETAPAS DESENVOLVIDAS PARA A REALIZAÇÃO DOS TRABALHOS.....	49
FIGURA 14 – CROQUI COM LOCAL DE MEDIÇÃO EMPRESA X	53
FIGURA 15 – CROQUI COM LOCAL DE MEDIÇÃO EMPRESA Y	54
FIGURA 16 – LOCAIS DE COLETA DE AMOSTRAS PARA ANÁLISES QUÍMICA E PETROGRÁFICA NA EMPRESA Y.....	58
FIGURA 17 – LOCAIS DE COLETA DE AMOSTRAS PARA ANÁLISES QUÍMICA E PETROGRÁFICA NA EMPRESA X.....	59
FIGURA 18 – LOCAIS DE COLETA DE AMOSTRAS PARA ANÁLISES QUÍMICA E PETROGRÁFICA NA EMPRESA X.....	59
FIGURA 19 – LOCAIS DE COLETA DE AMOSTRAS PARA ANÁLISES QUÍMICA E PETROGRÁFICA NA EMPRESA Z.....	60
FIGURA 20 – OPERÁRIO COM FILTRO COLETOR E CICLONE SEPARADOR DE POEIRA.....	65
FIGURA 21 – FAIXA ETÁRIA DOS TRABALHADORES ENTREVISTADOS.....	74
FIGURA 22 – GRAU DE ESCOLARIDADE DOS TRABALHADORES ENTREVISTADOS.....	75
FIGURA 23 – CONHECIMENTO DOS RISCOS DA FUNÇÃO PELOS TRABALHADORES ENTREVISTADOS.....	76
FIGURA 24 – LICENÇA MÉDICA DOS TRABALHADORES NOS ÚLTIMOS 12 MESES.....	77
FIGURA 25 – CONSUMO DE BEBIDA ALCÓLICA PELOS TRABALHADORES ENTREVISTADOS.....	77
FIGURA 26 – PROBLEMAS RESPIRATÓRIOS COM OS TRABALHADORES ENTREVISTADOS.....	78
FIGURA 27 – PROBLEMAS AUDITIVOS COM OS TRABALHADORES ENTREVISTADOS.....	78
FIGURA 28 – RESPOSTA DOS TRABALHADORES QUANTO AO FORNECIMENTO DE E.P.I PELAS EMPRESAS.....	79
FIGURA 29 – VALORES PERCENTUAIS ACUMULADOS DE SiO ₂ DE ACORDO COM O TAMANHO DAS PARTÍCULAS NA EMPRESA X.....	83
FIGURA 30 – VALORES PERCENTUAIS ACUMULADOS DE SiO ₂ DE ACORDO COM O TAMANHO DAS PARTÍCULAS NA EMPRESA Y.....	83
FIGURA 31 – PERCENTUAIS DOS VALORES OBTIDOS NA POEIRA RESPIRÁVEL PARA EMPRESA X,Y E Z.....	85

FIGURA 32 – IMAGEM MICROGRÁFICA DA AMOSTRA DO BASALTO - EMPRESA X.....	88
FIGURA 33 – IMAGEM MICROGRÁFICA DA AMOSTRA DO BASALTO - EMPRESA X.....	89
FIGURA 34 – IMAGEM MICROGRÁFICA DA AMOSTRA DO BASALTO - EMPRESA Y.....	89
FIGURA 35 – IMAGEM MICROGRÁFICA DA AMOSTRA DO BASALTO - EMPRESA Y.....	90
FIGURA 36 – IMAGEM MICROGRÁFICA DA AMOSTRA DO DIABÁSIO - EMPRESA Z.....	91
FIGURA 37 – IMAGEM MICROGRÁFICA DA AMOSTRA DO GNAISSE - EMPRESA Z.....	92
FIGURA 38 – IMAGEM DA POEIRA DE BASALTO – A	94
FIGURA 39 – IMAGEM DA POEIRA DE BASALTO – B.....	94
FIGURA 40 – IMAGEM DA POEIRA DE BASALTO – C.....	94
FIGURA 41 – IMAGEM DA POEIRA DE BASALTO – D.....	95
FIGURA 42 – IMAGEM DA POEIRA DE BASALTO – E.....	95
FIGURA 43 – IMAGEM DA POEIRA DE BASALTO – F.....	95
FIGURA 44 – IMAGEM DA POEIRA DE GNAISSE – A	96
FIGURA 45 – IMAGEM DA POEIRA DE GNAISSE – B	96
FIGURA 46 – IMAGEM DA POEIRA DE GNAISSE – C	96
FIGURA 47 – IMAGEM DA POEIRA DE GNAISSE – D	97
FIGURA 48 – IMAGEM DA POEIRA DE GNAISSE – E	97
FIGURA 49 – IMAGEM DA POEIRA DE GNAISSE – F	97
FIGURA 50 – GRÁFICO ILUSTRATIVO DAS RAZÕES DOS DIÂMETROS DAS PARTÍCULAS DE BASALTO E GNAISSE.....	99
FIGURA 51 – RAZÕES DOS DIÂMETROS MÁXIMOS E MÍNIMOS DAS PARTÍCULAS RESPIRÁVEIS EM INTERVALOS DE DIÂMETRO.....	100
FIGURA 52 – COMPARATIVO DOS ÍNDICES DE ANGULOSIDADE PARA AS PARTÍCULAS DE BASALTO E GNAISSE.....	102
FIGURA 53 – COMPARATIVO DOS DIÂMETROS EQUIVALENTES ENTRE AS PARTÍCULAS DE BASALTO E GNAISSE.....	105
FIGURA 54 – COMPARATIVO DA MEDIANA E QUARTIS DO DIÂMETRO EQUIVALENTE ENTRE O BASALTO E GNAISSE.....	108
FIGURA 55 – COMPARATIVO DA MEDIANA E QUARTIS DO ÍNDICE DE ANGULOSIDADE ENTRE O BASALTO E GNAISSE.....	108
FIGURA 56 – COMPARATIVO DA MEDIANA E QUARTIS DA RAZÃO DOS DIÂMETROS MÁXIMO E MÍNIMO ENTRE O BASALTO E GNAISSE..	109
FIGURA 57 – INTERVALOS DE CONFIANÇA DO DIÂMETRO EQUIVALENTE PARA O BASALTO E GNAISSE.....	109
FIGURA 58 – INTERVALOS DE CONFIANÇA DO ÍNDICE DE ANGULOSIDADE PARA O BASALTO E GNAISSE.....	110
FIGURA 59 – INTERVALOS DE CONFIANÇA DA RAZÃO DOS DIÂMETROS MÁXIMO E MÍNIMO PARA O BASALTO E GNAISSE.....	110
FIGURA 60 – VISÃO PARCIAL DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DA CORTINA ARBÓREA SUGERIDA PARA A EMPRESA Y.....	115
FIGURA 61 – ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DE CORTINA ARBÓREA SUGERIDA PARA A EMPRESA Y.....	115
FIGURA 62 – DISPOSITIVO PARA DIMINUIÇÃO DO CONTATO DO VENTO COM O MATERIAL EM QUEDA.....	118
FIGURA 63 – COLETORES DE POEIRA POR GRAVIDADE.....	120
FIGURA 64 – COLETORES DE POEIRA POR CENTRIFUGAÇÃO TIPO CICLONE.....	124
FIGURA 65 – DIÂMETRO DA PARTÍCULA X DIÂMETRO DO EXAUSTOR.....	125

FIGURA 66 – FILTRO INTERNO.....	127
FIGURA 67 – SUPERFÍCIE FILTRANTE.....	127
FIGURA 68 – FILTRO DE SACO (DO TIPO VIBRATÓRIO).....	128
FIGURA 69 – ESPÉCIES DAS CONDIÇÕES DOS DEPÓSITOS.....	132
FIGURA 70 – SISTEMA DE ASPERSÃO.....	133
FIGURA 71 – EXEMPLO DA ESTRUTURA DO MONITOR.....	134
FIGURA 72 – SISTEMA DE UMIDIFICAÇÃO PARA PÁTIO DE MOVIMENTAÇÃO E VIAS DE ACESSO COM ASPERSÃO GIRATÓRIA.....	135
FIGURA 73 – SISTEMA DE UMIDIFICAÇÃO PARA PÁTIO DE MOVIMENTAÇÃO E VIAS DE ACESSO COM ASPERSÃO FIXA.....	135
FIGURA 74 – TRABALHADOR UTILIZANDO “UM ARRANJO” COMO PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA.....	136
FIGURA 75 – AMOSTRADOR DE PEQUENO VOLUME PARA COLETA DE PARTÍCULAS RESPIRÁVEIS NO MEIO AMBIENTE, OBSERVANDO- SE OS FILTROS UTILIZADOS.....	169
FIGURA 76 – AMOSTRADOR DE PEQUENO VOLUME PARA COLETA DE PARTÍCULAS RESPIRÁVEIS NO MEIO AMBIENTE.....	169
FIGURA 77 – AMOSTRADOR DE GRANDE VOLUME PARA COLETA DE PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO NO MEIO AMBIENTE.....	170
FIGURA 78 – ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO OBSERVANDO-SE OS AMOSTRADORES DE GRANDE E PEQUENO VOLUMES.....	170
FIGURA 79 – BOMBA DE AMOSTRAGEM E CICLONE SEPARADOR DE PARTÍCULAS UTILIZADOS PARA COLETA DE POEIRA NO TRABALHADOR.....	171
FIGURA 80 – MEDIDOR DE NÍVEL DE PRESSÃO SONORA UTILIZADO PARA MEDIÇÃO DE RUÍDO PARA O TRABALHADOR E O MEIO AMBIENTE.....	171

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 – ÍNDICE DOS ACIDENTES DE TRABALHO NOS ÚLTIMOS DEZ ANOS..	16
TABELA 02 – ACIDENTES FATAIS NA INDÚSTRIA EXTRATIVA. – 1995.....	17
TABELA 03 – INVALIDEZ PERMANENTE NA INDÚSTRIA EXTRATIVA – 1995.....	17
TABELA 04 – INVALIDEZ PARCIAL PERMANENTE NA INDÚSTRIA EXTRATIVA – 1995.....	17
TABELA 05 – COMPARATIVO ENTRE A INDÚSTRIA EXTRATIVA MINERAL E OUTRAS ATIVIDADES – 1995.....	18
TABELA 06 – VALORES DA CONCENTRAÇÃO PARA PARTÍCULAS RESPIRÁVEIS E TOTAIS EM SUSPENSÃO NA EMPRESA X.....	67
TABELA 07 – VALORES PERCENTUAIS DOS PRINCIPAIS ELEMENTOS QUÍMICOS DA POEIRA COLETADA NO MEIO AMBIENTE NA EMPRESA X.....	68
TABELA 08 – CONCENTRAÇÃO DE POEIRA RESPIRÁVEL NO AMBIENTE DE TRABALHO E COMPARATIVO COM LIMITE DE TOLERÂNCIA NA EMPRESA X.....	69
TABELA 09 – VALORES DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA PARA O AMBIENTE DE TRABALHO E MEIO AMBIENTE NA EMPRESA X.....	69
TABELA 10 – VALORES DA CONCENTRAÇÃO PARA PARTÍCULAS RESPIRÁVEIS E TOTAIS EM SUSPENSÃO NA EMPRESA Y.....	70
TABELA 11 – VALORES PERCENTUAIS DOS PRINCIPAIS ELEMENTOS QUÍMICOS DA POEIRA COLETADA NO MEIO AMBIENTE – EMPRESA Y	71
TABELA 12 – CONCENTRAÇÃO DE POEIRA RESPIRÁVEL NO AMBIENTE DE TRABALHO E COMPARATIVO COM LIMITE DE TOLERÂNCIA NA EMPRESA Y.....	71
TABELA 13 – VALORES DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA PARA O AMBIENTE DE TRABALHO E MEIO AMBIENTE NA EMPRESA Y.....	72
TABELA 14 – CONCENTRAÇÃO DE POEIRA RESPIRÁVEL NO AMBIENTE DE TRABALHO E COMPARATIVO COM LIMITE DE TOLERÂNCIA NA EMPRESA Z.....	73
TABELA 15 – ANÁLISE QUÍMICA, PERCENTUAL MÉDIO, DO BASALTO, DIABÁSIO E GNAISSE PROVENIENTE DAS DIFERENTES EMPRESAS	87
TABELA 16 – DADOS DE ESTUDOS ANTERIORES RELATIVOS À COMPOSIÇÃO QUÍMICA PERCENTUAL DO BASALTO E DIABÁSIO PARA A MESMA REGIÃO EM ESTUDO.....	87
TABELA 17 – RAZÃO ENTRE DIÂMETRO MÁXIMO E MÍNIMO DAS PARTÍCULAS COLETADAS PARA AS ROCHAS ESTUDADAS.....	98
TABELA 18 – ÍNDICES DE ANGULOSIDADE PARA AS PARTÍCULAS DE BASALTO E GNAISSE.....	101
TABELA 19 – VALORES DO DIÂMETRO EQUIVALENTE DAS PARTÍCULAS DE POEIRA RESPIRÁVEL.....	104
TABELA 20 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA AS PARTÍCULAS DE BASALTO.....	107
TABELA 21 – ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA AS PARTÍCULAS DE GNAISSE.....	107
TABELA 22 – TESTE U DE MANN-WHITNEY (PROVA NÃO-PARAMÉTRICA DE IGUALDADE DE MÉDIAS) PARA OS ÍNDICES DE ANGULOSIDADE PARA AS PARTÍCULAS DE BASALTO E GNAISSE.....	111
TABELA 23 – TESTE U DE MANN-WHITNEY (PROVA NÃO-PARAMÉTRICA DE IGUALDADE DE MÉDIAS) PARA A RAZÃO DOS DIÂMETROS PARA AS PARTÍCULAS DE BASALTO E GNAISSE.....	111

TABELA 24 – TESTE T DE STUDENT (PROVA PARAMÉTRICA DE IGUALDADE DE MÉDIAS) PARA O DIÂMETRO EQUIVALENTE DAS PARTÍCULAS DE BASALTO E GNAISSE.....	112
TABELA 25 – COMPARATIVO DA CAPACIDADE DOS COLETORES.....	130
TABELA 26 – EXEMPLO DA CAPACIDADE DO ASPERSOR (SPRINKLER).....	133
TABELA 27 – EXEMPLO DA CAPACIDADE DO MONITOR (RAIN GUN).....	134

LISTA DE SIGLAS

ABNT	- Associação Brasileira de Normas Técnicas
ACGIH	- American Conference of Governmental Industrial Hygienists
CAT	- Comunicação de Acidente do Trabalho
CEMAST	- Centro Metropolitano de Apoio a Saúde do Trabalhador
CETESB	- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CLT	- Consolidação das Leis do Trabalho
COMEC	- Coordenação da Região Metropolitana de Curitiba
CONAMA	- Conselho Nacional do Meio Ambiente
COPEL	- Companhia Paranaense de Energia Elétrica
DNER	- Departamento Nacional de Estradas de Rodagens
DNPM	- Departamento Nacional da Produção Mineral
EMBRAPA	- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMPLASA	- Empresa Paulistana de Planejamento Metropolitano
EPC	- Equipamento de Proteção Coletiva
EPI	- Equipamento de Proteção Individual
FUNASA	- Fundação Nacional de Saúde
FUNDACENTRO	- Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
IAP	- Instituto Ambiental do Paraná
IAPAR	- Instituto Agrônomo do Paraná
IARC	- International Agency for Research on Cancer
IBGE	- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IBRAM	- Instituto Brasileiro de Mineração
IME	- Instituto Militar de Engenharia
INSS	- Instituto Nacional da Seguridade Social
IPARDES	- Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social
IPCAJ	- Industrial Pollution Control Association of Japan
IPT	- Instituto de Pesquisas Tecnológicas
MEV	- Microscópio Eletrônico de Varredura
MINEROPAR	- Minerais do Paraná S.A
MITI	- Ministry Of International Trade and Industry
MPAS	- Ministério da Previdência e Assistência Social
MTE	- Ministério do Trabalho e Emprego
OIT	- Organização Internacional do Trabalho
OMS	- Organização Mundial de Saúde
SSST	- Secretaria de Segurança e Saúde do Trabalho

RESUMO

Este trabalho visa melhorar métodos de estudo e análises referentes à segurança e saúde de trabalhadores vinculados à mineração e o meio ambiente do entorno de pedreiras através de análise comparativa entre as poeiras de basalto e gnaiss, da produção de brita, por avaliações ambientais apoiadas por análises químicas, petrográficas e morfológicas das rochas e de poeiras, além da quantificação dos níveis de pressão sonora. O desenvolvimento do estudo teve como base inicial o levantamento de dados existentes através de revisão bibliográfica. Na etapa seguinte foram realizados levantamentos em empresas de produção de brita de basalto e gnaiss nas regiões de Londrina e Curitiba, Estado do Paraná, analisando os sítios de mineração e condições para desenvolvimento dos protocolos selecionados para esta pesquisa. Optou-se por estudar empresas que possuem equipamentos de controle coletivo para material particulado. Os critérios para escolha das empresas foram as dimensões do empreendimento e a existência nas empresas de sistemas, ainda que rudimentares, para controle da poeira e proximidade das áreas habitadas. O monitoramento foi desenvolvido em duas etapas: uma que estuda a influência dos agentes poeira e ruído para o meio ambiente, e a outra direcionada visou verificar as possíveis interferências para trabalhadores. Quanto ao meio ambiente foram coletadas partículas totais em suspensão e partículas respiráveis por meio do High Volume Air Sample e Low Volume Air Sample respectivamente. Para os trabalhadores foi utilizada uma bomba de amostragem individual, munida com um ciclone separador de partículas e filtros de PVC para coleta de partículas respiráveis. Após a coleta, os filtros referentes ao meio ambiente passaram por análise gravimétrica, sendo que os filtros utilizados nos trabalhadores passaram por análise de difração de raios X para determinação de sílica livre cristalizada. Foram coletadas amostras de rocha nas frentes de lavra para realização dos estudos petrográficos e análises químicas. Foram utilizados filtros de polycarbonato para coleta de poeira e, por meio do microscópio eletrônico de varredura (MEV) obteve-se imagens para efetuar análise da morfologia e do tamanho das partículas na poeira. As avaliações de ruído foram efetuadas mediante microfone posicionado na zona auditiva do trabalhador. Para o ambiente externo foi escolhida a residência mais próxima das mineradoras. Os valores obtidos na avaliação de poeira para o meio ambiente mostraram-se acima do limite estabelecido pela legislação para partículas respiráveis e partículas totais em suspensão. Com relação ao ruído, os valores obtidos não apresentaram níveis problemáticos para as populações circunvizinhas. A concentração de poeira respirável para os trabalhadores apresentou 33% acima do limite de tolerância para a empresa X, 50% acima do limite para as empresas Y e Z, quando comparada aos valores estabelecidos na NR 15 do MTE, anexo 12. A porcentagem de SiO_2 na porção respirável mostrou valores entre 1,0 a 3,8% no derrame basáltico e um valor médio de 10% no gnaiss. Com relação ao tamanho das partículas, o gnaiss apresentou um percentual em torno de 15% superior ao basalto, para partículas entre 0,5 e 3,0 μ , o que pode ser explicado pela maior densidade média dos seus minerais componentes, observando-se também que no gnaiss é maior a quantidade de partículas com formas mais irregulares e fibrosas. Comparando-se os dados obtidos com a literatura existente, o gnaiss apresenta um maior risco de formação de nódulos silicóticos (silicose clássica), sendo que o basalto apresenta uma maior probabilidade de provocar pneumoconioses por poeiras mistas. Os dados levantados para ruído no ambiente de trabalho mostram que todos os valores ultrapassaram o limite estabelecido pela NR 15, anexo 01, podendo provocar alterações no sistema auditivo dos trabalhadores.

ABSTRACT

The objective of this research is to improve studies and analysis methods for the occupational and environmental health of mine workers situated near mining sites, by performing a comparative analysis between the dust yielded from basalt and gneiss, production of crushed-stones, using environmental evaluations supported by the chemical, petrographic and morphoscopic analyses of the rocks and dusts, as well as establishing the levels of pressure of sound. This study was developed based initially on the assessment of existing data provided by bibliographical revision, whereby previous information on the studied subject was available. In the next phase, an investigation was performed in companies that product crushed-stones of basalt and gneiss from the region of the cities Londrina and Curitiba, Paraná State, in order to study if the mining sites and conditions were proper for developing the tasks set out. Companies that use equipment for collectively controlling particulate material were chosen. Criteria used in choosing these companies were: company size and if there were any control systems to monitor dust, however rudimentary, and how close they were to inhabited areas. Monitoring was carried out in two stages: one to study the influence of the dust and noise agents on the environment and the second stage to check possible interference with the workers. For the environmental study, total particles in suspension and breathable particles were collected using High Volume Air Sample and Low Volume Air Sample, respectively. For the workers an individual sampling pump, fit with a *particle separator* and PVC filters were used to collect breathable particles. After sampling, the environmental filters underwent a gravimetric analysis, and the filters used by the workers were analysed for X-ray diffraction to determine if they were free of crystallized silica. Rock samples were collected in the mining sites to carry out petrography studies and chemical analyses. Polycarbonate filters were used for dust sampling and by using a sweeping electronic microscope (MEV), images were obtained, so it was possible to do a morphological analysis and to measure the size of the dust particle. It was possible to evaluate the noise by placing a microphone near the workers' hearing area. The houses closest to the mining site were chosen to assess the external environment. The values obtained from the evaluation of dust in the environment were above the limit established by the legislation for breathable particles and total particles in suspension. As to noise, the obtained values do not pose a problem for the surrounding population. The concentration of breathable dust for the workers was above the threshold limit value established by the Brazilian Legislation, Ministry of Labour, Regulation 3214, Standard 15, appendage 12, 33% for company X and 50% for company Y and Z. The percentage of SiO₂ in the breathable portion showed values ranging from 1,0 to 3,8% for the basaltic spill and an average 10% value for the gneiss. Referent to particle size, the gneiss percentage was some 15% higher than the basalt for particles between 0,5 and 3,0 μ , which can be explained because of the higher average density of the component minerals, where the former yields a larger number of particles that are more irregular in shape and more fibrous. Comparing the resulting data with existing literature, the gneiss is more likely to cause silicosis nodule formations on workers exposed to it (classical silicosis), while the basalt presents a greater probability of causing mixed dust pneumoconiosis. The sound pressure values obtained during the work evaluations were above the threshold limit value established by the Brazilian Labour Legislation, Standard 15, appendage 01, indicating that hearing damage may occur to the exposed workers.

1. INTRODUÇÃO

A presente pesquisa trata da análise de poeira e ruído em função da produção de brita a partir do basalto e gnaiss. A poeira é definida como aerodispersóide composto por partículas sólidas produzidas por ruptura mecânica de sólidos. O ruído é um fenômeno físico que indica uma mistura de sons, cujas frequências não seguem nenhuma lei precisa (FUNDACENTRO, 1995).

A escolha do basalto e gnaiss deve-se ao fato dessas rochas serem as mais utilizadas na produção de brita, no Estado do Paraná.

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnica - ABNT (1983) agregados podem ser definidos como materiais pétreos, gerados por fragmentação artificial ou natural, com propriedades adequadas, possuindo dimensões nominais máximas inferiores a 152mm e mínimas superiores a 0,075mm. Os agregados atuam como elemento inerte, ou seja, não sofrem alterações químicas nas argamassas e concretos, estando aí incluídos a brita, a areia e o cascalho.

A mineração de agregados para construção civil junto a áreas urbanizadas fornece matéria prima para a execução e manutenção das atividades urbanas, estando diretamente ligada ao crescimento das próprias cidades. Segundo SANTOS (1988) a mineração, de uma forma geral, é uma atividade de fundamental importância para o desenvolvimento econômico e social de qualquer país, pois é nesta atividade que são obtidas as matérias-primas básicas para as indústrias e os agregados para a construção civil.

Porém, a implantação de empreendimentos mineiros implica não só em benefícios, mas, também, em impactos adversos ao meio ambiente, provocados por resíduos decorrentes do ambiente de trabalho, além de, às vezes, oferecer um ambiente desfavorável para os trabalhadores.

Segundo o Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM (BRASIL, 2003) a indústria extrativa mineral apresentou uma taxa de crescimento de 10,4% no ano de 2002. Considerando-se a média anual nos últimos cinco anos a atividade mineral atingiu uma taxa de 6,4 % de crescimento. Em 2002, foram produzidos 386

milhões de toneladas de agregados para a construção civil, representando um decréscimo de 3,3% em relação a 2001. Deste total, 156,4 milhões de toneladas, ou seja, 40,5 % correspondem a pedras britadas.

A atividade mineral necessita da adoção de medidas capazes de conciliar o seu desenvolvimento com a expansão urbana, além do uso de técnicas que mantenham o ambiente de trabalho favorável aos seus trabalhadores. Quando tecnicamente mal conduzida, a sua interferência no meio ambiente pode ser sentida desde os trabalhos iniciais de preparação da lavra até a fase final de beneficiamento, destacando-se, em geral, a tecnologia inadequada aplicada à exploração dos bens minerais e a deficiência ou ausência do controle ambiental na fase de processamento (FONSECA, 1989).

O crescimento populacional desordenado e o constante avanço dos núcleos habitacionais das cidades para sua periferia, característica da falta de planejamento urbano efetivo, vêm no decorrer dos anos trazendo problemas para as diversas atividades industriais, inclusive em relação à atividade mineral, gerando comumente o conflito população *versus* mineração (PAES, 1985). Com a intensificação da urbanização a sociedade através da legislação tem imposto restrições cada vez maiores às atividades que não se apresentam tecnologicamente adequadas, interferindo negativamente com o meio ambiente. Daí torna-se cada vez mais necessário que as empresas incorporem métodos de trabalho corretos ao processo de produção, tendo como meta a convivência harmoniosa com a população circunvizinha e um ambiente de trabalho salubre para seus trabalhadores, principalmente com relação ao aerodispersóide (poeira) e o ruído.

A importância dos recursos minerais para o país é de um valor muito grande. Contudo, a compatibilidade entre a produção econômica de um bem mineral, a segurança e o bem estar necessários ao trabalhador e à população é fundamental.

Em decorrência da poluição do ar por partículas, devida às atividades de mineração, podem ser apresentadas alterações no sistema respiratório de trabalhadores das minas, as quais podem ser permanentes ou temporárias,

dependendo de fatores determinantes como natureza e tamanho das partículas, quantidade inalada e tempo de exposição (SOUNIS, 1991).

Um outro agente que deve ser considerado na atividade de extração mineral, é o ruído. Este agente, quando excessivo, provoca, além da diminuição gradativa da audição, alterações no aparelho digestivo, irritações, vertigens e elevação da pressão arterial dos trabalhadores da mineração.

O presente estudo visa efetuar a análise comparativa das características da poeira respirável, decorrente da produção de brita pela fragmentação de basalto na região de Londrina/PR e gnaiss na região de Curitiba/PR, a partir das análises químicas e petrográficas das rochas e quantificação do material particulado, além da avaliação do ruído e das condições gerais de segurança. Esses agentes foram os selecionados para um estudo detalhado, por serem considerados de grande relevância para os grupos sociais afetados.

Nas empresas que operam com o basalto foi avaliada, também, a interferência desses agentes para o meio ambiente e atividades da população, tendo em vista a proximidade das minas estudadas com a zona urbana. Esse parâmetro não foi estudado para o gnaiss, pois a pedreira encontra-se afastada das áreas urbanas.

A escolha do agregado (brita) para estudo deve-se à importância que o mesmo representa para a mineração e para a economia do Estado do Paraná

Na interpretação dos resultados fez-se uma comparação dos valores obtidos com os estabelecidos pela legislação nacional e internacional

A partir do estudo comparativo entre as poeiras respiráveis de basalto e gnaiss poderemos identificar as possíveis consequências de cada uma delas em alterações do sistema respiratório.

Tendo em vista a solicitação dos proprietários para que as empresas estudadas não fossem identificadas, optou-se para que as mesmas fossem tratadas como X e Y para o basalto, e Z para o gnaiss.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

Desenvolver estudos sobre a segurança e saúde dos trabalhadores e o meio ambiente, através de análises comparativas entre as poeiras de basalto e gnaisse, por meio de avaliações ambientais relacionadas com análises químicas e petrográficas das rochas, acrescentando-se a quantificação dos níveis de pressão sonora.

1.1.2 Específicos

- a) Avaliar os agentes ambientais poeira e ruído no ambiente de trabalho e áreas circunvizinhas;
- b) Identificar as características químicas, petrográficas e morfoscópias das rochas em estudo, comparando-as com avaliações anteriores descritas na bibliografia;
- c) Realizar estudos de tamanho e morfologia das partículas em poeiras de basalto e gnaisse, e suas possíveis correlações com a saúde dos trabalhadores;
- d) Identificar as possíveis influências das poeiras minerais estudadas para o sistema respiratório dos trabalhadores;
- e) Identificar as condições sócio econômicas dos trabalhadores do setor;
- f) A partir da avaliação conjunta e sistêmica dos resultados obtidos propor medidas para a melhoria do ambiente de trabalho e consequente mitigação dos impactos sobre a saúde dos trabalhadores e populações circunvizinhas.

1.2 HIPÓTESE

1.2.1 Principal

Um estudo comparativo entre as poeiras de basalto e gnaisse em ambiente de mineração a céu aberto poderá mostrar que as diferenças na composição química e

mineralógica entre essas rochas têm relação com a quantidade de sílica livre na poeira respirável e na morfologia do particulado, com distinta interferência no sistema respiratório de trabalhadores e moradores atingidos por plumas atmosféricas de poeira.

1.2.2 Secundária

O percentual de partículas em faixas de tamanho previamente estabelecidas poderá apresentar valores diferentes para as rochas estudadas, devido a diferença na fragmentação, em função da mineralogia de cada rocha e das condições ambientais de cada sítio;

A concentração do material particulado para o ambiente de trabalho e a vizinhança, pelo tipo de atividade e sistemas de controle inadequados nas empresas, presume-se apresentar-se-á acima do permitido pela legislação;

Supõe-se que o ruído em diversos setores ultrapassará o estabelecido pela legislação, não havendo proteção adequada.

1.3 JUSTIFICATIVA DO TRABALHO

Alguns fatores foram motivos para a escolha deste tema em questão. O primeiro deles é que o doutorando trabalha em uma instituição – Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho - FUNDACENTRO, que tem como principal finalidade a realização de estudos e pesquisas sobre segurança, higiene e medicina do trabalho.

Um outro fator é a importância do agregado em estudo. Com base em DNPM (BRASIL,2001), a produção nacional de pedras britadas é a terceira mais importante na produção mineral brasileira, representando 4,22 % em valor, sendo superado apenas pelo petróleo (56,30%) e pelo minério de ferro (13,26%), sendo que a mineração, transporte e manipulação deste último também resulta na geração de poeiras respiráveis.

No Paraná a mineração é o quarto setor da indústria paranaense, contribuindo com 6% no Produto Interno Bruto (PIB) do estado. A produção de brita representa 14,9% da produção anual do estado, sendo superada apenas pelo calcário e areia segundo a Minerais do Paraná - MINEROPAR (1999).

A centralização do crescimento industrial nas grandes cidades resultou numa concentração da população nas suas áreas periféricas, geralmente à margem de qualquer planejamento urbanístico. Os terrenos situados no entorno das áreas de extração foram, e estão sendo, cada vez mais ocupados. Esse fato não é exclusivo das grandes regiões metropolitanas, ocorrendo em praticamente todos os grandes e médios aglomerados urbanos. A condução técnica das atividades em algumas minerações, sem cuidados específicos em relação à segurança e ao conforto ambiental das populações vizinhas, resultou em uma convivência pouco amigável entre a comunidade e as empresas de mineração, com base em Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano – EMPLASA (1987).

A minimização desse conflito tem sido iniciada por ações técnicas, objetivando diagnosticar, controlar e prevenir os principais problemas.

A inalação de poeiras poderá provocar pneumoconioses que, segundo a Organização Internacional do Trabalho (OIT), são “doenças pulmonares causadas pelo acúmulo de poeira nos pulmões e reação tissular à presença dessas poeiras” (ALGRANTI e CARNEIRO, 2002).

De acordo com CARNEIRO (2001) a silicose – fibrose pulmonar nodular ocasionada pela inalação de poeiras finas que contém sílica livre cristalina - é a pneumoconiose mais freqüente no Brasil. Entretanto, em uma perspectiva epidemiológica, não se tem conhecimento de sua abrangência.

Até o momento a incidência e prevalência da silicose e demais pneumoconioses, em decorrência da poeira proveniente das atividades de britagem de produtos minerais do tipo brita, nos trabalhadores das áreas abrangidas por este estudo, ainda não tinham sido avaliadas. Não há conhecimento de estudo comparativo entre a poeira respirável de basalto e gnaisse, com levantamentos ambientais que englobem o ambiente de trabalho e o meio ambiente, realizados

nestes locais de trabalho considerando a concentração de poeira, tamanho e forma. Tais parâmetros são fundamentais, pois influem diretamente na natureza das doenças e na probabilidade de sua ocorrência.

O ruído é outro agente causador de impacto ambiental relevante, nas atividades de rotina em uma empresa produtora de brita devido aos problemas que pode ocasionar à saúde das pessoas expostas.

2. MARCO TEÓRICO SOBRE O TEMA

2.1 ASPECTOS SÓCIO ECONÔMICOS E AMBIENTAIS DA PRODUÇÃO DE BRITA

Com base em VALVERDE (2002), a produção de brita encontra-se distribuída praticamente por todo o país, contando com aproximadamente 250 empresas, sendo a maioria delas de controle familiar. Essa atividade gera em torno de 15.000 empregos diretos. Com relação a produção, o Estado de São Paulo lidera com 30% da produção nacional, seguido por Minas Gerais com 12%, Rio de Janeiro 9%, Paraná 7%, Rio Grande do Sul 6% e Santa Catarina 4%.

Segundo o mesmo autor o consumo anual de bens minerais por habitante nos EUA, em 2000, foi em torno de 10.000 kg sendo que, deste total, a rocha britada participou com 5.700 kg. Esse nível repete-se nos países industrializados onde na Europa Ocidental o consumo anual por habitante varia de 5.000 kg a 8.000 kg. No Brasil, o consumo encontra-se em torno de 2.000 kg/habitante/ano representando as péssimas condições habitacionais, uma malha rodoviária deficiente e um serviço de saneamento incompleto, refletindo a falta de capacidade de investimento de um país com baixa renda per capita e elevados compromissos financeiros internacionais. Mesmo dentro do país existem diferentes taxas de consumo de acordo com a região. No Estado de São Paulo esse valor chega a 4.500 kg/hab/ano, enquanto que em regiões mais pobres como Fortaleza e Salvador esse valor decresce para menos de 2.000 kg/hab/ano. Porém o crescimento no consumo desses materiais vem se acentuando. De 1995 a 2000, período de estabilização monetária, esse crescimento foi da ordem de 6,5% ao ano; em 2000 houve um crescimento de 10,4% em comparação ao ano de 1999.

A produção nacional de brita para a construção civil vem atendendo à demanda, podendo ser considerada satisfatória. Porém a disponibilidade desses recursos nas proximidades dos grandes centros urbanos, vem sendo comprometida devido a falta de planejamento, problemas ambientais e zoneamento restritivo. Vale

ressaltar que grande parte dos produtores desse material estão localizados nas regiões metropolitanas, no entorno de suas respectivas capitais, refletindo a grande concentração populacional dessas áreas, as quais constituem os principais mercados consumidores. A produção de brita está diretamente ligada ao desenvolvimento das próprias cidades e é fundamental para a existência e manutenção das atividades urbanas (DAITX, 1998). Devido ao seu baixo valor unitário a brita será onerada quando transportada a grandes distâncias, encarecendo os custos das construções civis, de obras públicas e da infra-estrutura da malha urbana (PINHEIRO, 1989). Assim, há necessidade de um planejamento adequado para que a atividade possa continuar operando a custos aceitáveis.

Com base em MINEROPAR (1999) a produção de pedra britada no Estado do Paraná concentra-se na Região Metropolitana de Curitiba e nos Municípios de Cascavel, Guarapuava, Ponta Grossa, Londrina, Arapongas, Maringá e Campo Mourão, com aproximadamente 60% da produção estadual. As empresas estão classificadas em grandes (produção maior que 200.000 m³/ano), médias (entre 30.000 e 200.000 m³/ano), pequenas (entre 5.000 e 30.000 m³/ano) e micros (inferior a 5.000m³/ano). As médias e pequenas empresas correspondem a 64% do número de empresas e respondem por 70% da produção do Estado do Paraná. A média da produção, por estabelecimento de porte pequeno, encontra-se em torno de 19.000 m³/ano.

Considerando-se somente os dados das empresas declarantes do Informativo Anual sobre a Produção de Substâncias Minerais – IAPSM, a produção média anual do Estado do Paraná situa-se em torno de 1.059.000 m³, segundo a MINEROPAR(1999). Ponderando-se a participação das diversas categorias e suas respectivas médias de produção, chega-se a estimativa de 1.600.000 m³/ano que, com certeza, ainda é um valor subestimado, tendo em vista que os valores de produção informados pelas empresas são inferiores aos reais.

O consumo de brita no Estado encontra-se em torno de 500 kg/hab/ano, o que poderia ser considerado um valor baixo, comparado a média nacional, o que levanta o problema que a produção possa estar sendo subestimada.

Nas regiões de Curitiba e Londrina a produção é insuficiente, havendo necessidade de se adquirir o produto em outras regiões, de forma que se possa suprir as necessidades básicas, principalmente na área da construção civil.

Destaca-se a escassa literatura sobre a avaliação de poeira respirável e avaliações para o meio ambiente, na produção de brita.

FRANCO (1978) desenvolveu estudo sobre a silicose pulmonar nos trabalhadores em pedreiras de Ribeirão Preto-SP com medição da concentração de poeira respirável e avaliação médica dos trabalhadores. Na época, a vazão da bomba de amostragem utilizada foi de 2,0 L/min, atualmente é adotado 1,7 L/min. A prevalência de silicose pulmonar entre os trabalhadores, considerando-se os suspeitos e doentes, foi de 11,5%.

BARREIROS (1984) efetuou estudo sobre as condições de segurança em pedreiras da Grande São Paulo, tendo o trabalho parcialmente prejudicado devido às restrições, de acesso aos dados, encontradas em algumas empresas.

BAGATIN et al. (1991) verificou a influência do tempo de exposição às partículas sílicas e do tabagismo sobre a função pulmonar de trabalhadores na indústria cerâmica e de pedreira. Os trabalhadores tinham tempo mínimo de exposição de 10 anos. Constituíram o grupo de estudo 137 trabalhadores divididos em dois grupos: grupo um com 44 trabalhadores e tempo de exposição entre 10 e 20 anos; o grupo dois com 93 trabalhadores e mais de 20 anos de exposição. Os fumantes eram 42%, não fumantes 38% e 20% ex-fumantes. A função pulmonar foi avaliada através do exame de espirometria, ou seja, avaliação médica da capacidade pulmonar do trabalhador, medindo fluxos e volumes pulmonares que são obtidos quando o paciente faz movimentos de inspiração e expiração.

Não houve diferença entre os dois grupos quanto ao acometimento radiológico. Os fumantes tinham função pulmonar pior que os não fumantes. Para os trabalhadores com menor tempo de exposição, as alterações eram predominantes nas pequenas vias aéreas, enquanto que nos com maior tempo de exposição havia comprometimento também das grandes vias aéreas.

FREITAS (1998) realizou algumas avaliações quantitativas para o meio ambiente da concentração de poeira contendo sílica livre, em pedreiras na Região Metropolitana de São Paulo, encontrando valores acima do permitido em lei

ALMEIDA (1999) avaliou a poeira total em suspensão em pedreira de granito no Município de São Paulo para a distribuição granulométrica do material particulado. Os resultados demonstraram que as frações mais finas apresentam-se em maior quantidade na área de mineração especificamente no setor de britagem. Constatou concentrações altas e teores médios de sílica em torno de 61%, e sugeriu um estudo quantitativo da poeira na fração respirável.

SANCHEZ e DIAS (1999) efetuaram trabalho onde foi debatida a importância da participação pública no processo de avaliação de impacto ambiental. Através de estudo de caso mostraram a debilidade dos procedimentos burocráticos no Estado de São Paulo, na avaliação de impactos ambientais de uma pedreira. Argumentam que tais fragilidades só podem ser vencidas com o fortalecimento do controle público sobre o processo.

LUZ e MARTONI (2000) realizaram uma estimativa do risco ocupacional em pedreiras na região de Maringá-PR, apresentando um levantamento da situação da atividade industrial em 05 pedreiras. Em apenas uma delas foi coletada uma amostra para avaliação da poeira total no ambiente de trabalho, para caracterização da insalubridade, não sendo possível a avaliação da poeira respirável. O resultado obtido apresentou-se acima do Limite de Tolerância estabelecido pela NR 15- M TE.

SUBHASHINI e SATCHIDHANANDAM (2002) realizaram exames de espirometria em 25 trabalhadores de pedreira e 20 pessoas de grupo de controle através de espirômetro computadorizado (Med Spiror). A capacidade respiratória foi menor para os trabalhadores de pedreira do que para o grupo de controle. E as maiores deficiências foram observadas para aqueles que tem mais de 15 anos na profissão.

2.2 ACIDENTES DO TRABALHO E DOENÇAS OCUPACIONAIS NO BRASIL

Todos os aspectos da atividade industrial necessitam ser considerados ao se analisar o desempenho ambiental das organizações.

O acidente de trabalho, além de representar um prejuízo econômico para as empresas, acarreta para a família e a sociedade o prejuízo econômico, aliado ao problema humano e social (DE LUCA, 1994).

A Legislação da Previdência Social define, nos artigos 139, 140 e 141 do Decreto N°. 611 de 21/07/92:

“Art. 139 - Acidente de trabalho é o que ocorre pelo exercício do trabalho a serviço da empresa, ou ainda pelo exercício do trabalho dos segurados especiais, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause morte, a perda ou a redução da capacidade para o trabalho permanente ou temporária.

Art. 140 - Consideram-se acidente do trabalho, nos termos do artigo 139, as seguintes entidades mórbidas:

I - Doença profissional, assim entendida a produzida ou desencadeada pelo exercício de trabalho peculiar a determinada atividade e constante da relação de que trata o Anexo II;

II - Doença do trabalho, assim entendida a adquirida ou desencadeada em função de condições especiais em que o trabalho é realizado e com ele se relaciona diretamente, desde que constante da relação mencionada no inciso I.

§ 1º - Não serão consideradas como doenças do trabalho:

- a) a doença degenerativa;
- b) a inerente a grupo etário;
- c) a que não produz incapacidade laborativa;
- d) a doença endêmica adquirida por segurados habitantes da região em que ela se desenvolva, salvo comprovação de que resultou de exposição ou contato direto determinado pela natureza do trabalho.

§ 2º - Em caso excepcional, constatando-se que a doença não incluída na relação prevista nos incisos I e II resultou de condições especiais em que o trabalho é

executado e com ele se relaciona diretamente, a Previdência Social deve considerá-la acidente do trabalho.

Art. 141 - Equiparam-se também ao acidente do trabalho, para efeito deste

Capítulo:

I - o acidente ligado ao trabalho que, embora não tenha sido a causa única, haja contribuído diretamente para a morte do segurado, para a perda ou redução de sua capacidade para o trabalho, ou produzido lesão que exija atenção médica para sua recuperação;

II - O acidente sofrido pelo segurado no local e no horário de trabalho, em consequência de:

- a) ato de agressão, sabotagem ou terrorismo praticado por terceiro ou companheiro trabalhador;
- b) ofensa física intencional, inclusive de terceiro, por motivo de disputa relacionada com o trabalho;
- c) ato de imprudência, de negligência ou de imperícia de terceiro, ou de companheiro de trabalho;
- d) ato de pessoa privada do uso da razão;
- e) desabamento, inundação, incêndio e outros casos fortuitos decorrentes de força maior.

III - A doença proveniente de contaminação acidental do empregado no exercício de sua atividade;

IV - Acidente sofrido, ainda fora do local e horário de trabalho:

- a) na execução de ordem ou na realização de serviços sob a autoridade da empresa;
- b) na prestação espontânea de qualquer serviço à empresa para lhe evitar prejuízo ou proporcionar proveito;
- c) em viagem a serviço da empresa, inclusive para estudo, quando financiada por esta, dentro de seus planos para melhor capacitação da mão-de-obra, independente do meio de locomoção utilizado, inclusive veículo de propriedade do segurado;

d) no percurso da residência para o local de trabalho ou deste para aquela, qualquer que seja o meio de locomoção, inclusive veículo do segurado.

§ 1º - Nos períodos destinados a refeição ou descanso, ou por ocasião da satisfação de outras necessidades fisiológicas, no local do trabalho ou durante este, o empregado é considerado no exercício do trabalho.

§ 2º - Não é considerada agravação ou complicação do acidente do trabalho a lesão que, resultante de acidente de outra origem, se associe ou se superponha às conseqüências do anterior.

§ 3º - Considerar-se-á como dia de acidente, no caso de doença profissional ou do trabalho, a data do início da incapacidade laborativa para exercício da atividade habitual, ou o dia da segregação compulsória, ou o dia em que for realizado o diagnóstico, valendo para esse efeito o que ocorrer primeiro.

§ 4º - Será considerado agravamento de acidente do trabalho aquele sofrido pelo acidentado quando estiver sob responsabilidade da Reabilitação Profissional.”

A comunicação do acidente de trabalho é feita através do documento denominado Comunicação de Acidente do Trabalho - CAT.

Segundo o Art. 142 do Decreto Nº. 611, de 21 de julho de 1992, a empresa deverá comunicar o acidente do trabalho à Previdência Social até o primeiro dia útil seguinte ao da ocorrência e, em caso de morte, de imediato, à autoridade competente, sob pena de multa variável entre o limite mínimo e o limite máximo do salário de contribuição, sucessivamente aumentada nas reincidências.

Segundo este artigo, da comunicação receberão cópia fiel o acidentado e os seus dependentes, bem como o sindicato a que corresponda a sua categoria.

Na falta de comunicação por parte da empresa, pode formalizá-lo o próprio acidentado, seus dependentes, a entidade sindical competente, o médico que o assistiu ou qualquer autoridade pública, não prevalecendo nestes casos o prazo previsto no artigo. A comunicação por parte do acidentado ou de seus dependentes não exime a empresa de responsabilidade pela falta do cumprimento do disposto no artigo, ou seja, a comunicação do acidente no prazo estipulado.

Segundo PIZA (1997) o Brasil ocupa o décimo lugar no ranking mundial dos acidentes no trabalho. Porém, vale ressaltar que os dados sobre acidentes do trabalho da Previdência Social abrangem apenas os acidentes notificados através da Comunicação de Acidente de Trabalho - CAT, que somente é obrigatória para as empresas regidas pela Consolidação das Leis de Trabalho - CLT.

O índice de morte em acidentes do trabalho no Brasil é dez vezes maior do que nos Estados Unidos. Aqui ocorrem 9,35 mortes a cada 1000 acidentes, nos E.U.A 0,95, em Portugal o índice é de 1,10, na Espanha 2,07 e no México 2,97 (OLIVEIRA, 2001). Segundo o mesmo autor, a Organização Mundial de Saúde – OMS estima que 200 milhões de acidentes do trabalho deverão ocorrer no mundo nos próximos 30 anos, causando 300.000 mortes.

Com base em Ministério da Previdência e Assistência Social - MPAS (BRASIL, 2000), nas estatísticas de acidentes do trabalho das 50 primeiras atividades econômicas posicionadas no *ranking* – Brasil – média do triênio 1997 a 1999, a atividade de produção de agregados (brita e areia) mais argila, apresentou 1048 acidentes do trabalho, com 25 óbitos e gastos com benefícios de R\$ 4.893.409,00. Levando-se em consideração os parâmetros expostos essa atividade ocupa a décima nona posição, entre as 50 primeiras colocadas. O total de gastos com benefícios, somente com essas 50 empresas, no triênio indicado, foi de R\$ 1.722.943.480,00.

Tomando como base dados fornecidos pela Divisão de Planejamento e Estudos Sociais do Instituto Nacional de Seguridade Social - INSS, DIESEL (1997) publicou artigo na revista CIPA mostrando dados estatísticos sobre acidentes de trabalho. A tabela 01 teve esse artigo como referência.

ANOS	EMPREGADOS SEGURADOS	ACIDENTES REGISTRADOS	DOENÇAS OCUPACIONAIS (*)	ÓBITOS
1986	21.568.660	1.207.859	5.920	4.578
1987	22.320.750	1.137.124	6.354	5.738
1988	23.045.901	992.737	5.029	4.616
1989	23.678.607	888.343	4.838	4.554
1990	22.755.875	693.572	5.218	5.355
1991	22.792.585	629.918	6.281	4.464
1992	22.803.065	532.514	8.299	3.634
1993	22.722.008	412.293	15.417	3.110
1994	23.016.637	388.304	15.270	3.129
1995	23.614.200	424.137		3.967
1996	24.311.448	372.249		3.702
1999 **		387.820	23.903	
2000 **	18.233.179	343.996	19.134	3.094

TABELA 01 - ÍNDICE DOS ACIDENTES DE TRABALHO NOS ÚLTIMOS DEZ ANOS

(*) Fonte: AQUINO (1996)

(**) Fonte: MTE (BRASIL,2002a)

A tabela 01 mostra que o número de acidentes do trabalho teve uma queda acentuada no período estudado. Pode-se creditar a isto a falta de interesse do trabalhador em comunicar o próprio acidente, a sub-notificação dos acidentes no país e aos programas de prevenção implantados nas empresas. O número de óbitos apresenta queda devido aos dois últimos fatores citados. No caso das doenças do trabalho os dados mostram um crescimento acentuado, que se deve com certeza ao crescimento das notificações, devido a uma maior oferta de serviços médicos voltados para os trabalhadores.

A Secretaria de Segurança e Saúde do Trabalho - SSST do Ministério do Trabalho realizou estudos sobre os acidentes do trabalho em diversas classes de atividades econômicas. PIZA (1997) apresenta o resultado desse estudo, que se refere ao ano de 1995. Analisando os dados podemos mostrar o comportamento da indústria extrativa mineral no Brasil.

ACIDENTES FATAIS	FREQÜÊNCIA	PERCENTUAL (%)
Extração de minerais não metálicos	44	70,97
Extração de minerais metálicos	13	20,97
Extração de petróleo e serviços correlatos	03	4,84
Extração de carvão mineral	02	3,22
Total	62	100,00

TABELA 02 - ACIDENTES FATAIS NA INDÚSTRIA EXTRATIVA –1995
Fonte: PIZA (1997).

INVALIDEZ PERMANENTE	FREQÜÊNCIA	PERCENTUAL (%)
Extração de minerais não metálicos	36	40,45
Extração de minerais metálicos	36	40,45
Extração de petróleo e serviços correlatos	12	13,48
Extração de carvão mineral	5	5,61
Total	89	100,00

TABELA 03 - INVALIDEZ PERMANENTE NA INDÚSTRIA EXTRATIVA –1995
Fonte: PIZA (1997).

INCAPACIDADE PARCIAL/PERMANENTE	FREQÜÊNCIA	PERCENTUAL (%)
Extração de minerais não metálicos	60	32,97
Extração de minerais metálicos	52	28,57
Extração de petróleo e serviços correlatos	36	19,78
Extração de carvão mineral	34	18,68
Total	182	100,00

TABELA 04 – INVALIDEZ PARCIAL PERMANENTE NA INDÚSTRIA EXTRATIVA -1995
Fonte: PIZA (1997).

Observadas as tabelas anteriores, pode-se constatar que no setor de minerais não metálicos, os valores são superiores aos de outros setores, para os acidentes fatais e incapacidade parcial permanente. Para invalidez permanente apresenta o mesmo valor que o setor de metálicos. Porém, deve-se considerar que os números de trabalhadores na área de não metálicos é muito maior que em outras atividades extrativas.

Utilizando o mesmo trabalho anteriormente citado, realizou-se uma comparação dos dados da indústria extrativa com outras atividades econômicas. O resultado pode ser observado na tabela 05 onde 1- representa a Indústria de Transformação; 2 - Transporte, Armazenagem e Comunicação; 3 - Construção; 4 -

Indústria Extrativa Mineral; o coeficiente mostra a relação 01 acidente para cada 100.000 trabalhadores.

PARÂMETROS TIPOS DE OCORRÊNCIA	FREQÜÊNCIA	PERCENTUAL (%)	COEFICIENTE DE FREQÜÊNCIA (1/100.000)
Acidentes Fatais	1 - 739	21,86	15,32
	2 - 560	16,56	41,76
	3 - 437	12,92	44,50
	4 - 62	1,83	57,20
Invalidez Permanente	1 - 769	23,34	15,94
	2 - 300	9,10	22,37
	3 - 452	13,61	46,03
	4 - 89	2,70	82,11
Incapacidade Permanente	1 - 3225	32,90	67,47
	2 - 539	5,45	40,20
	3 - 697	7,04	70,97
	4 - 182	1,84	167,91

TABELA 05 - COMPARATIVO ENTRE A INDÚSTRIA EXTRATIVA MINERAL E OUTRAS ATIVIDADES - 1995

Fonte: PIZA (1997)

A freqüência foi obtida através do número total de trabalhadores da atividade econômica e o percentual que isso significa sobre o total de trabalhadores das demais categorias. Dessa forma, pode-se observar, por exemplo, que a indústria de transformação apresenta maior número de mortes, por ser o ramo de atividade que emprega o maior número de trabalhadores. O mais indicado para se ter uma noção do grau de risco de uma atividade é o coeficiente de acidentes, que considera o número de casos para grupo de cada mil trabalhadores.

Quando o estudo passa a considerar o coeficiente de freqüência dos acidentes de trabalho, há uma alteração representativa a ser observada. Apesar da indústria de transformação apresentar um índice mais elevado quando se trata de total de trabalhadores das diversas classes econômicas estudadas, o coeficiente de freqüência maior é o da indústria extrativa, que possui uma quantidade menor de trabalhadores no total da classe.

A indústria mineradora no Brasil apresenta coeficiente de óbitos muito altos em comparação ao quadro geral brasileiro. Em 1995, na indústria mineradora ocorreram 57,2 mortes para cada 100.000 trabalhadores. No quadro geral do Brasil o coeficiente cai para 14,9. Vale, ainda, salientar que, no mundo, o coeficiente relativo ao quadro geral de trabalhadores, apresenta um índice inferior a 10 óbitos, conforme DIESEL (1997).

Na Região Metropolitana de Curitiba foram comunicados, através de CAT, 8578 acidentes do trabalho, no ano de 1996, conforme estudo realizado pelo Centro Metropolitano de Apoio a Saúde do Trabalhador - CEMAST, com base em dados fornecidos pelo INSS.

Com base no mesmo estudo pode-se observar um aumento das doenças profissionais em relação a 1995, de 3,2% para 6,4% dos casos notificados.

Quanto ao sexo observam-se que aumentaram as notificações de acidentes em mulheres, em 22,6%, com relação aos anos anteriores.

Infelizmente quanto ao ramo de atividade o estudo não apresenta dados relativos à indústria extrativa, devido às dificuldades encontradas na codificação das CAT's, tendo em vista mau preenchimento por parte das empresas.

Tomando como base os dados fornecidos pelo Ministério do Trabalho e Emprego - MTE (BRASIL,2002a) temos para o Estado do Paraná, no ano de 1999, um total de 27.445 acidentes e, para o ano de 2000, um número de 24.284 acidentados, levando-se em conta os acidentes registrados, ou seja, aqueles comunicados através de CAT. Considerando-se o valor de 1999 temos que 85,6% são referentes a acidentes típicos, 82% de trajeto e 3,2% de doenças profissionais. A maior ocorrência encontra-se em trabalhadores com idade entre 20 e 29 anos. Com relação às doenças profissionais temos 879 e 763 casos, para os anos de 1999 e 2000, respectivamente.

Os dados oficiais sobre acidentes do trabalho no Brasil, apesar de mostrarem números assustadores não representam a realidade. Segundo AQUINO (1996) diversos fatores contribuem para isto: os dados têm como fonte a CAT que abrange apenas empregados regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho - CLT; algumas

informações, tais como, sexo, idade e profissão do acidentado contidas na CAT não são aproveitadas nas estatísticas; além do preenchimento incorreto da mesma.

Com base em COLETA (1991), outros fatores também influem para a não confiabilidade das estatísticas sobre acidentes de trabalho no Brasil. Pode-se destacar a comunicação pouco freqüente dos casos leves, e o temor dos empregados à comunicação dos acidentes sofridos, uma vez que muitas empresas mostram rejeição aos multiacidentados.

São necessárias alterações no sistema de coleta de dados no Brasil, tendo em vista que estatísticas de acidente do trabalho são fontes fundamentais para a elaboração de programas de segurança.

2.3 INFLUÊNCIAS DA ATIVIDADE DE MINERAÇÃO SOBRE O MEIO AMBIENTE E TRABALHADORES

2.3.1 Sobre o Meio Ambiente

Desde os primórdios da civilização a natureza vem sofrendo influências das atividades humanas, através do impacto de suas ações. Inicialmente essa influência se restringia a intensidades relativamente limitadas. Porém, na atualidade, diversas atividades colocadas em prática pela sociedade têm sido consideradas responsáveis pelo empobrecimento da natureza. Dentre essas atividades a mineração representa, na maioria das vezes, uma ameaça ao equilíbrio ambiental, conforme GUIDUELI (1985).

A associação de impactos da mineração acontece por alguns fatores facilmente identificados, dentre eles, ausência de métodos de lavra adequados e inexistência de um planejamento para a recuperação das áreas mineradas.

Com base em Instituto de Pesquisa Tecnológicas - IPT (1992), os impactos ambientais aparecem desde a fase de implantação, com a abertura de picadas, sondagens, passando pelas atividades de decapeamento, desmonte, até o

beneficiamento e desativação do empreendimento. A mineração e a agricultura, aliadas à exploração florestal, à produção de energia e às indústrias básicas (química e metalúrgica) são as responsáveis por uma parte considerável da poluição hídrica e atmosférica. Porém, a mineração e a agricultura são duas atividades de importância relevante, pois são responsáveis pelos recursos naturais que alimentam toda a economia (FONSECA, 1989).

De uma forma geral, os impactos gerados pela mineração, comparados aos provocados por outras atividades básicas muito mais extensivas como agricultura, geração de energia e urbanização, podem ser considerados relativamente pequenos e restritos espacialmente.

FONSECA (1989) também apresenta uma comparação entre os impactos provocados pela mineração e a agricultura. A mineração modifica intensamente a área minerada e as áreas vizinhas, onde são depositados material estéril e rejeito; porém essas áreas não têm extensão geográfica considerável, ou seja, os impactos diretos são muito densos e de extensão normalmente limitada. Com a agricultura ocorre o contrário: o impacto ambiental é normalmente, na maioria das vezes, pouco denso e muito extenso.

As rochas para produção de brita são extraídas à céu aberto. O desmonte é feito com explosivos, acarretando problemas de vibração devido à propagação de ondas de choque, ultralancamentos e ruídos, além dos gases dos explosivos.

O processo de beneficiamento libera material particulado aumentando a concentração destes no ar. Dependendo da quantidade liberada a alteração pode ser significativa, contribuindo para a poluição atmosférica (IBRAM, 1984).

Outras fontes de material particulado, quando tecnicamente mal conduzidas, são a deposição de rejeitos sólidos, a estocagem do produto e o carregamento e transporte de material granular fino.

Os parâmetros de qualidade da água podem ser alterados nas diversas etapas dos trabalhos de mineração; desde a fase de implantação, com o desmatamento, decapeamento e preparação da frente, passando pela atividade de lavra através das águas de drenagem e com a deposição do estéril, rejeito e minério, até a etapa de

beneficiamento. Os principais parâmetros atingidos são: sólidos em suspensão, sólidos dissolvidos, sólidos sedimentáveis, turbidez, pH e condutividade elétrica, dureza total e oxigênio dissolvido (DOWN e STOCKS, 1978).

Os efeitos da poeira na vegetação podem ser causados de duas formas: pela deposição direta da poeira nas plantas e pela acumulação de poeira no solo e posterior absorção pelas plantas. Poeiras que contêm óxido de magnésio, óxido de ferro, dentre outras, estão entre as que contribuem para os efeitos danosos à vegetação. Os efeitos podem incluir perda ou acúmulo de poluentes na colheita, prejuízos à paisagem e prejuízos para o ecossistema de outros organismos que dependem das plantas (ENSINK, 1987).

2.3.2 Condições de Segurança

A indústria mineira pode ser considerada, entre as indústrias mais importantes, como uma das mais perigosas. Muitos dos riscos existentes na atividade mineira são comuns à maioria das empresas. Os riscos de acidentes encontram-se praticamente em todas as etapas do processo, podendo-se destacar o uso de explosivos, manuseio de máquinas e equipamentos, além da queda de objetos. (O.I.T., 1965)

Os acidentes com explosivos não são freqüentes, mas, quando ocorrem provocam danos irrecuperáveis, tanto de ordem pessoal como material. Por isso as normas referentes ao manuseio, armazenamento e transporte de explosivos devem ser rigidamente obedecidas; todas as operações devem ser efetuadas por pessoas qualificadas (BARREIROS, 1984).

Na operação de máquinas e equipamentos é fundamental a proteção das partes móveis. O uso do equipamento adequado para cada tipo de trabalho é de suma importância.

2.3.3 Agentes Ambientais

2.3.3.1 Partículas em suspensão

A lavra a céu aberto produz emissões de gases e material particulado. Os gases emitidos são os provenientes do desmonte de rocha com o uso de explosivos, de fogacho dos blocos, da queima e evaporação de combustível. O material particulado mais importante é o pó de rocha proveniente da lavra, beneficiamento da rocha e movimentação dos equipamentos e veículos.

Segundo BRAILE (1988) as fontes de emissões são classificadas em dois grandes grupos:

Emissões de Processamento:

Têm início com o descarregamento da matéria-prima dos caminhões basculantes no alimentador do britador primário, seqüenciando-se nas operações de britagem, transferência (em geral através de correias sem coberturas) e peneiramento.

Emissões Fugitivas:

Provenientes das operações não fixas, são de mais difícil solução, pela natureza das operações geradoras, e representam uma contribuição muito grande em termos de poeira total gerada numa pedreira.

Com base em ERTHAL (1984) as condições meteorológicas e topográficas do local são fatores fundamentais na distribuição dos poluentes atmosféricos. Dentre os parâmetros importantes do ponto de vista ambiental, podemos destacar: velocidade e direção do vento, temperatura, nível de precipitação pluviométrica, umidade relativa e variação de pressão. Ressalta-se também a influência da topografia através da distribuição das unidades topográficas (várzeas, colinas e morros).

As partículas em suspensão são extremamente finas, de grande dispersão, podendo ser carregadas a longas distâncias. Têm grande poder de penetração no

sistema respiratório, podendo atingir até os alvéolos, o que as torna altamente prejudiciais à saúde. Para que haja penetração de partículas no trato respiratório é necessário que o diâmetro das partículas seja inferior a 10 μ , denominando-se como “fração respirável” (ALGRANTI, 1995).

A poluição do ar por partículas pode provocar alterações no sistema respiratório, que terão seu grau de intensidade determinado pelo tamanho e natureza das partículas, quantidade inalada e tempo de exposição. Estas alterações podem ser permanentes ou temporárias, dependendo dos fatores acima expostos, além da susceptibilidade individual.

Segundo CASTRANOVA et al. (1996) a toxicidade para as células do pulmão provocada por poeiras que contêm sílica livre cristalizada, tem relação com a idade da poeira. As poeiras com sílica livre geradas recentemente têm ação mais tóxica e mais inflamatória *in vitro* que a sílica mais antiga, nas mesmas concentrações e tamanho de partícula, devido a presença de radicais livres na superfície.

As características de fraturamento, a morfologia e as propriedades de superfície das partículas de sílica podem influenciar na sua ação no sistema respiratório.

O tamanho das partículas é um dos fatores que influi diretamente para a determinação do local de deposição das partículas, no sistema respiratório humano. A figura 01 mostra o local de deposição conforme o tamanho das partículas, de acordo com BON (2002).

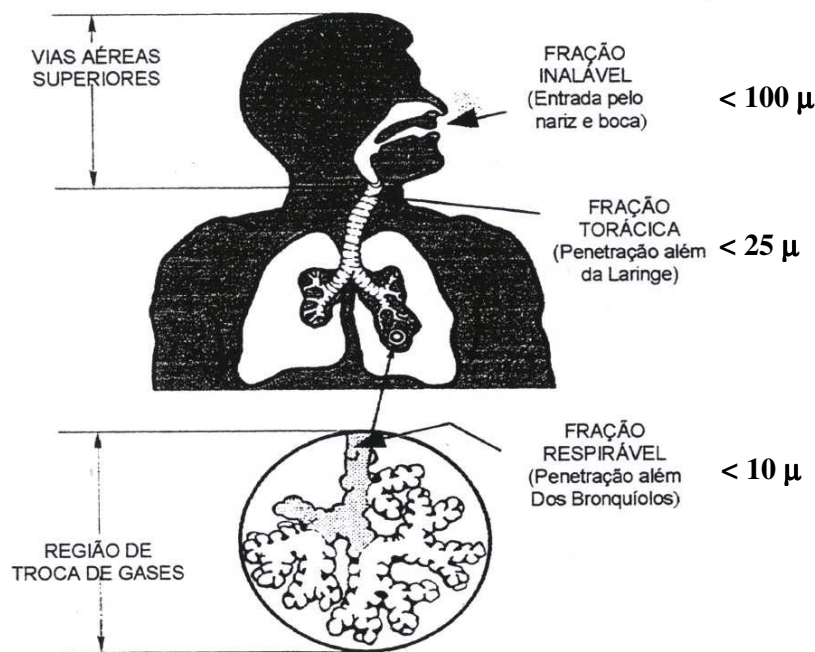


FIGURA 01 – LOCAL DE DEPOSIÇÃO DAS PARTÍCULAS NO SISTEMA RESPIRATÓRIO HUMANO.

Fonte: BON (2002)

A retenção de poeira nos brônquios e alvéolos será mais intensa, dependendo da natureza da poeira, para as partículas cujo diâmetro varia de 0,5 a 3,0 μ . Acredita-se que as partículas com tamanho em torno 1,0 μ podem ser as mais patogênicas (BASTARACH, 2002).

As doenças pulmonares devido a inalação de poeiras inorgânicas são chamadas pneumoconioses. A silicose é um tipo de pneumoconiose ocasionada pela inalação de poeiras contendo partículas finas de sílica livre e cristalina, sendo uma doença pulmonar crônica e incurável. O termo sílica refere-se aos compostos de dióxido de silício em suas diversas formas incluindo sílica cristalina, amorfa e vítrea. Sílica livre e cristalina (SiO₂) – o agente etiológico da silicose – é um dos minerais mais comuns na crosta terrestre, apresentando-se em três formas quartzo, tridimita e cristobalita. Estas três formas de sílica também são chamadas de sílica livre ou sílica não combinada para distingui-las dos demais silicatos. De uma forma geral a silicose é uma doença crônica, geralmente ocorrendo após 10 anos de exposição à poeira,

mesmo a baixa concentração, para que haja manifestação. Porém apresenta-se, também, nas formas acelerada e aguda, onde os sintomas começam a aparecer em período mais curto de exposição, em concentrações elevadas. O número de arestas da partícula é fator influente para agravar a lesão pulmonar (GOELZER, 2000).

Vale salientar que apesar do SiO_2 ser abundante, são necessárias interferências artificiais por meio de ações de lixar, cortar, polir e desbastar para a formação de poeiras na fração respirável, pois a ocorrência natural desses minerais como cristais livres, na faixa granulométrica capaz de atingir além dos bronquíolos, é restrita a algumas regiões desérticas e sub-desérticas.

Segundo a Fundação Nacional de Saúde - FUNASA (2003) o risco de silicose clássica existe quando o teor de sílica livre na fração de poeira respirável é maior que 7,5%. Quando o teor de sílica livre encontra-se abaixo desse valor, as lesões anatomopatológicas são mais características do quadro que constitui a pneumoconiose por poeira mista.

Ainda com base em GOELZER (2000) o termo silicose vem sendo utilizado desde 1870, porém existem citações sobre supostas silicoses desde cerca de 2000 anos atrás. De acordo com o autor “Henschen, em sua obra – The History of Diseases, descreve silicose em Orsa, Suécia, nos séculos XVIII e XIX, onde meninos começavam a trabalhar em minas de arenito com 12-15 anos de idade e, por volta de 18-25 anos, estavam tão doentes que não podiam mais trabalhar, sendo que a maioria morria antes dos 35 anos”. Nos dias atuais as situações ainda são muito parecidas. No Vietnã a silicose corresponde a aproximadamente 90% dos casos de doenças que acarretam benefícios previdenciários para os trabalhadores. Na China, no período de 1991-1995, foram detectados 6000 novos casos a cada ano, com mais de 24.000 mortes anuais. Nos EUA, a cada ano, ocorrem mais de 250 mortes de trabalhadores ocasionados pela silicose.

Segundo ALGRANTI (2002) estima-se que no Brasil o número de trabalhadores potencialmente expostos a poeira contendo sílica pode ser superior a 6,0 milhões, sendo que 500.000 têm atividade na mineração e garimpo, e acima de 2,0 milhões em indústrias de transformação de minérios, metalurgia e química. O

maior percentual ocorre na indústria da construção civil, com cerca de quatro milhões de trabalhadores.

Conforme DE CAPITANI (1996) outro tipo de pneumoconiose é a fibrose pulmonar por poeira mista, que apresenta lesão morfológica diferenciada do nódulo silicótico, provocada pela deposição de sílica livre associada a poeiras menos fibrogênicas, tais como óxido de alumínio, ferro e silicatos. A quantidade de quartzo que resulta nessa alteração é, em geral, menor que 10%.

Segundo o mesmo autor a pneumoconiose associada a silicatos, denominada silicatose, seria provocada por representantes de um grupo de minerais que apresentam riscos para ocorrência desta doença, onde pode-se incluir o talco, micas, caulim, dentre outros, após longo período de exposição associado a altas concentrações de poeiras. As lesões observadas na silicatose constituem-se de fibrose disposta de forma difusa, podendo formar extensas áreas de lesão cicatricial, enquanto aquelas detectadas na silicose constata-se a formação de nódulos fibróticos. Na fibrose pulmonar por poeira mista, a lesão apresenta configuração estrelada ou como “cabeça de medusa”, mas os aspectos clínicos, radiológicos e prognósticos assemelham-se aos da silicose.

A relação entre a poeira de sílica e o câncer do pulmão tem sido objeto de algumas publicações. Porém a questão dessa associação ainda é polêmica. É discutido se a exposição a sílica *per si* é suficiente para causar o câncer, embora biologicamente plausível, ou seria necessária a existência da silicose, pois a fibrogênese predispõe à carcinogênese (CARNEIRO, 2001).

Segundo a International Agency for Research on Câncer - IARC (1997), a sílica livre cristalina inalada na forma de quartzo ou cristobalita a partir de exposições ocupacionais é carcinogênica. Foram efetuados vários estudos epidemiológicos, em diversos ramos de atividades onde existe a presença dessa substância, verificando-se que um silicótico possui 1,5 a 6,0 vezes mais risco de adquirir câncer de pulmão do que um não silicótico. O grupo de trabalho da IARC chegou à conclusão que as evidências obtidas neste estudo foram o bastante para

confirmar o aumento do câncer do pulmão com a inalação de sílica livre cristalina, em função de exposição ocupacional.

HESSEL et al. (2000) acreditam que os resultados dos estudos que estabelecem as relações acima são inconsistentes. Estudos negativos não têm sido considerados, e inúmeros estudos que visam prover evidências para a carcinogenicidade da sílica têm significado metodológico fraco. A sílica seria um carcinogênico pulmonar somente em ratos. Dados em humanos demonstrariam uma falha de associação entre câncer de pulmão e a exposição à sílica cristalina.

2.3.3.2 Ruído

O conceito de ruído é associado a som desagradável e indesejável. Som é definido como variação da pressão atmosférica dentro dos limites de amplitude e banda de frequências aos quais o ouvido humano responde (GERGES, 1992).

O ruído afeta o ser humano simultaneamente nos planos físico, psicológico e social. Os efeitos nele produzidos pela energia sonora vão desde uma ou mais alterações passageiras até graves danos irreversíveis. Com base em FUNDACENTRO (1995), podemos dividir as ações do ruído sobre o organismo humano em:

- Efeitos sobre o sistema auditivo (mudança temporária do limiar de audição; surdez permanente; trauma acústico);
- Efeitos sobre o organismo em geral (perturbar circulação sanguínea e provocar efeitos psicológicos como o “stress”);
- Efeitos sobre rendimento do trabalho (fadiga, falta de atenção, trazendo prejuízos para qualidade do produto e desperdício de tempo e material);
- A ocorrência de acidentes (causa indireta).

O risco de lesão auditiva aumenta com o nível de pressão sonora e com o tempo de exposição. Os níveis de ruído extremamente altos podem causar perda

grave da audição. O efeito do ruído sobre a acuidade auditiva depende de certos fatores físicos e do sujeito afetado. Os fatores físicos compreendem as características qualitativas do ruído, tais como: intensidade (nível de pressão sonora), o tipo (contínuo, intermitente ou de impacto), faixa de frequência, importando também a periodicidade, duração e distribuição ao longo do dia. Além disso, a susceptibilidade varia segundo os indivíduos. Alguns indivíduos têm maior ou menor tendência em adquirir perda auditiva nas mesmas condições de trabalho (MACEDO, 1988)

2.4 DISPERSÃO E DEPOSIÇÃO DO MATERIAL PARTICULADO

BARNE e URSU (1974) realizaram estudos sobre os fatores meteorológicos na questão da redução da poluição. Dentre os fatores, os que possuem um papel particularmente importante dentro da difusão e da diluição das impurezas, são destacados:

2.4.1 Movimento do Ar

A velocidade com a qual os poluentes se misturam ao ar e sua diluição depende da velocidade das correntes de ar. As direções de deslocamento são horizontais ou verticais. O deslocamento horizontal é variável, tanto na direção como na intensidade, particularmente nas zonas de clima temperado. Existe uma certa periodicidade no que concerne os ventos; ela se caracteriza pela existência de um vento dominante designado pela direção a partir da qual o movimento do ar se produz o mais freqüentemente no correr do ano. Esta se demonstra pelos registros meteorológicos sistemáticos da direção do vento e pela representação gráfica sob a forma de Rosa dos Ventos (fig. 2a). Os registros são efetuados durante vários anos pela média anual. A rosa dos ventos para um intervalo de tempo mais curto (trimestre ou mês) tem também uma importância, ela permite colocar em evidência a direção dominante durante esses períodos.

Ainda com base em BARNE e URSU (1974) utiliza-se a rosa de poluição

construída a partir das observações e fatos relevantes, não pela direção de onde vem o vento, mas pela direção através daquela que ele sopra a partir do lugar de registro e da fonte de poluição. Desta forma o gráfico constituído como rosa de poluição representa a imagem simétrica especular da rosa dos ventos (fig. 2b).

Ao lado da direção, a velocidade de deslocamento da corrente de ar tem também uma grande importância para a difusão das impurezas. A diluição dos poluentes é mais fraca quando a velocidade do vento é mais reduzida, os poluentes se deslocam lentamente até grandes distâncias em uma camada de ar pouco espessa e situam-se habitualmente nas alturas. Ao contrário, quanto maior a velocidade do ar, os poluentes são rebatidos ao solo e se espalham rapidamente em um grande volume de ar.

Um fenômeno desfavorável à dispersão dos particulados é a calma atmosférica denominada ainda de estabilidade ou estagnação, que é a quase ou ausência total de correntes de ar; isto ocorre normalmente com velocidade do vento menor que 2,0 m/s. No caso de persistência de calmarias, os poluentes não podem ser desviados pelas correntes de ar, mas se acumulam dentro dos espaços vizinhos ao local onde são emitidos. Ainda mais quando esses espaços correspondem a sítios com confinamento lateral, que é o caso de muitas pedreiras que formam depressões no terreno.

As calmarias tornam-se mais agudas durante os episódios de inversão térmica quando além da componente horizontal da velocidade do vento, a componente vertical também se encontra reduzida facilitando o acúmulo de poluentes em concavidades do terreno (MANTOVANI, L. E., informação verbal).

A região sudeste e o norte do Paraná apresentam, por suas características meteorológicas, maior frequência de inversão térmica, do que a região de Curitiba, as quais são mais frequentes durante os meses de inverno.

Quanto mais longo o período de calmaria, maior a acumulação e a concentração de poluentes. A representação da calmaria é feita no quadro na rosa dos ventos por um círculo situado em seu centro que dá em percentagem o número de casos de ausência do movimento do ar, reportado à totalidade dos registros.

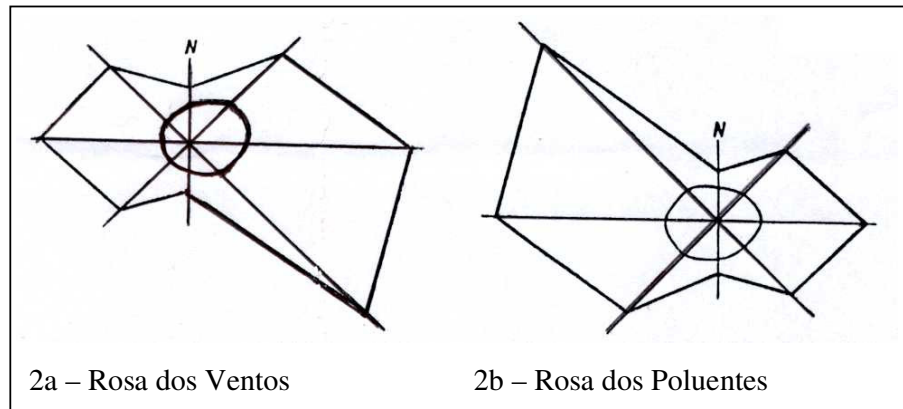


FIGURA 02 – ILUSTRAÇÃO DA ROSA DOS VENTOS E ROSA DOS POLUENTES
Fonte: BARNE e URSU (1974)

2.4.2 Temperatura do Ar

A base do movimento do ar é a temperatura. As diferenças de temperatura sobre as grandes superfícies determinam a produção dos ventos.

O fenômeno mais importante causado pela temperatura é a convecção sobre a verticalidade, que representa a ascensão do ar de uma camada inferior da atmosfera próxima ao solo, em consequência de seu aquecimento pelo sol. Este fenômeno ocorre devido ao gradiente térmico do ar seco, isto é, na ausência de fenômenos de condensação, com variação de 1°C a cada 180m. A convecção ascendente representa um dos fenômenos mais importantes da autopurificação; dentro destas correntes são carregadas, ao mesmo tempo que o ar, as impurezas liberadas pelas diversas fontes de poluição.

O fenômeno de convecção ascendente é função da diferença entre o nível da temperatura do ar próximo ao solo e aquela existente nas camadas elevadas da atmosfera. Em certas épocas esta situação se inverte com o fenômeno da inversão térmica: com a queda da temperatura em camadas baixas, camadas mais elevadas da atmosfera são ocupadas com ar relativamente mais quentes, que não conseguem descer. Ocorre, assim, uma estabilização momentânea da circulação atmosférica em escala local, caracterizada por uma inversão de camadas: o ar frio fica embaixo e o ar

quente acima, fenômeno definido como inversão térmica, dificultando a convecção ascendente e conseqüente carregamento do ar poluído.

2.4.3 Precipitações

A chuva, a neve e outras formas de precipitações atmosféricas fazem a lavagem, a absorção e o carregamento para o solo das impurezas do ar de maneira que a duração e a intensidade das precipitações influem bastante na qualidade do ar.

Após longo período de precipitações a atmosfera pode ser considerada como pura. Segundo WILLET (1974), citado por Barne & Ursu (1974) a chuva realiza a lavagem da atmosfera, especialmente os gases, e a neve, principalmente as impurezas sólidas. As precipitações são insuficientes para depurar a atmosfera das partículas menores que 2μ .

Devido ao fenômeno de lavagem das impurezas, a água das precipitações é utilizada para determinar o grau e natureza dos poluentes. Durante as precipitações e num período que pode variar entre algumas horas ou alguns dias após a precipitação, a mobilização de poeira para o ar fica reduzida ao mínimo.

2.4.4 Umidade

A presença de vapores d'água na atmosfera é considerada como um fator meteorológico desfavorável ao fenômeno de autopurificação porque ela impede a difusão das impurezas e porque também reagem de tal sorte que podem resultar em impurezas mais agressivas. Uma umidade elevada favorece a formação de neblina e a concentração de impurezas. As oscilações de temperatura das partículas do ar dão lugar as concentrações de vapor sobre estas partículas que servem de núcleo de condensação. Isto favorece a formação de neblina que surge mesmo sem ter alcançado o nível de saturação da umidade.

Entretanto numa maior umidade relativa do ar, que define-se pela relação entre a quantidade de água que evapora e a quantidade de água que condensa,

estabelece uma maior relação entre as partículas de poeira por higroscopia, interferindo para que estas entrem em suspensão no ar.

2.4.5 Deposição das Partículas

Segundo ORSINI et al (1996) o particulado sofre um caimento gravitacional que é proporcional à sua velocidade de queda dada pela fórmula:

$$V_f = \frac{2V_p \cdot g(\rho_s - \rho) \cdot dp}{\mu \cdot A_p \cdot Re \cdot C_d} \quad (\text{m/s})$$

V_f - Velocidade de queda das partículas

ρ_s – Densidade da partícula (kg/m³)

ρ – Densidade do ar (kg/m³) em função da pressão e temperatura (*) e da quantidade de vapor d'água(**)

dp – Diâmetro da partícula (m)

V_p – Volume da partícula (m³)

μ - Viscosidade dinâmica do ar (kg/m.s) em função da pressão e temperatura

A_p – Área da seção transversal (m²)

Re – Número de Reynolds – indica o grau de turbulência de um fluido

C_d – Coeficiente de arrastamento da partícula – depende da forma e tamanho da partícula.

(*) Densidade $\rho = P / R.T$, sendo P – pressão atmosférica; R – constante do gás; e T – temperatura.

(**)quanto maior a presença de gás água, menor a densidade do ar

Fenômenos como pressão e temperatura influem na densidade e viscosidade do ar. Componentes da partícula tais como densidade, volume e tamanho interferem diretamente na velocidade de queda das partículas, quanto maior esses fatores, maior a velocidade. Com relação a densidade e viscosidade do ar, além da área e coeficiente de arrastamento das partículas, quanto maior forem esses fatores a velocidade de queda será retardada.

3. PARTE EXPERIMENTAL

3.1. ÁREAS DE ESTUDO

3.1.1 Aspectos Geológicos e Geomorfológicos

Conforme MAACK (1968) a superfície do Estado do Paraná, com base em sua configuração geomorfológica, pode ser dividida em cinco grandes paisagens naturais: o Litoral, a Serra do Mar, o Primeiro Planalto subdividido em Planalto de Curitiba, região montanhosa do Açungui e o Planalto de Maracanã; o Segundo Planalto ou de Ponta Grossa subdividido em região ondulada do Paleozóico e a Região das Mesetas do Mesozóico; e o Terceiro Planalto ou de Guarapuava. O Terceiro Planalto, por sua vez, é dividido pelos rios Tibagi, Ivaí e Iguaçu em cinco áreas menores, ou seja, Planalto de Cambará e São Jerônimo da Serra, Planalto de Apucarana, Planalto de Campo Mourão, Planalto de Guarapuava e vertente do Planalto de Palmas. O substrato litológico que contribui ao diferenciamento destas regiões é mostrado no mapa Geológico do Estado do Paraná na figura 03.

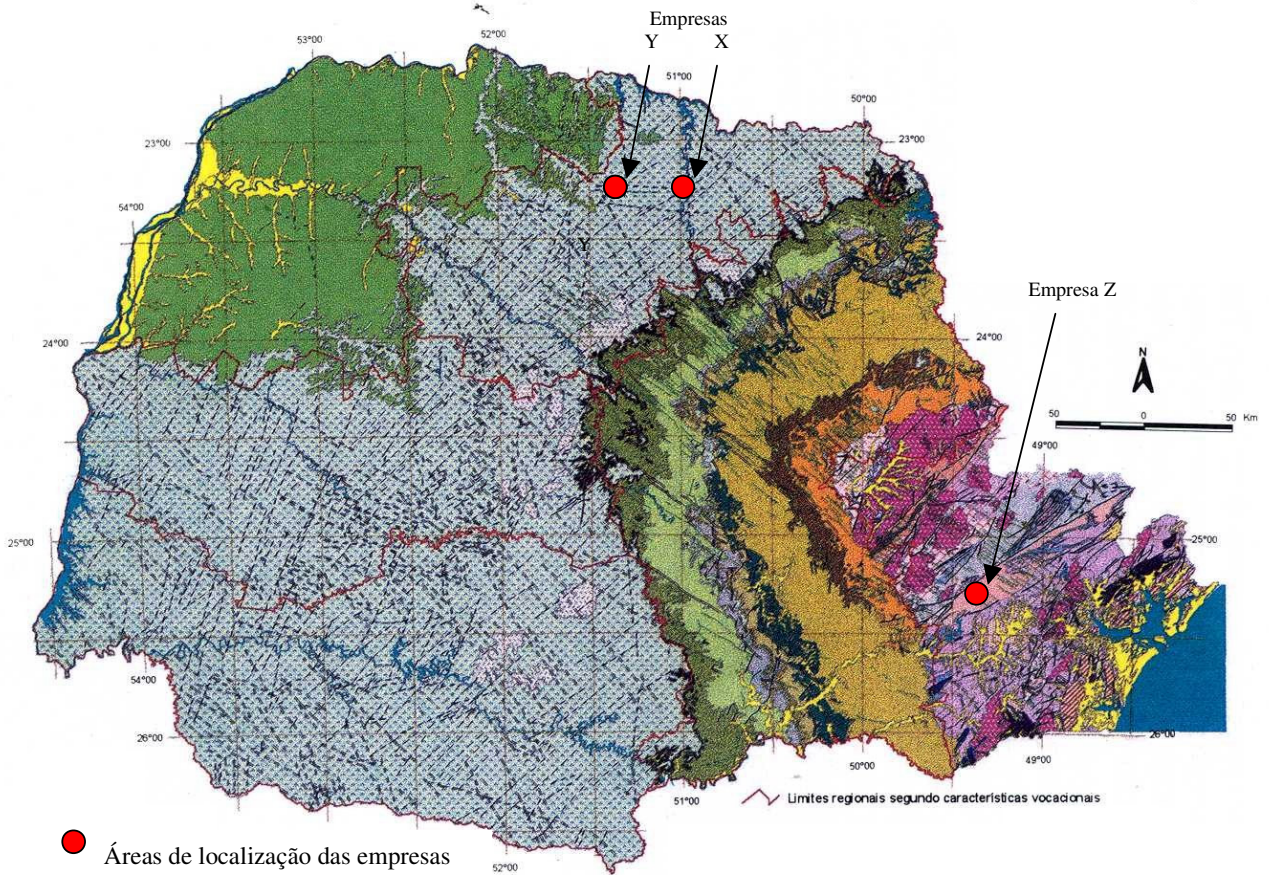


FIGURA 03 – MAPA GEOLÓGICO DO ESTADO DO PARANÁ

Fonte: MINEROPAR (1998)



As áreas onde os estudos foram desenvolvidos estão situadas no Terceiro Planalto onde encontra-se as empresas produtoras de brita a partir do basalto, e no Primeiro Planalto onde localiza-se a empresa que utiliza o gnaiss na produção de brita.

A área de estudos relativos ao basalto está situada no Planalto de Apucarana, entre os rios Tibagi e Ivaí, ou seja, no Terceiro Planalto, onde a morfologia predominante é caracterizada por elevações de topo arredondado, encostas pouco abruptas e fortemente onduladas e montanhosas. A constituição litológica da região é bastante homogênea, representada pelas rochas basálticas da Formação Serra Geral. Essa formação é representada por vários derrames de lavas basálticas continentais toleíticas, com variações químicas e texturais importantes, resultantes de um dos mais volumosos processos vulcânicos continentais da Terra. Cada derrame de lava basáltica é constituído de três zonas principais: base, zona central e topo, sendo que na base e no topo apresentam desenvolvimento de juntas horizontais e no centro juntas verticais. Essas rochas são de textura geral afanítica, cor cinza escura a preta e amigdaloidais no topo dos derrames, estando as amígdalas normalmente preenchidas por quartzo, calcita e zeólitas (CUNHA,1998). Pedreiras que exploram rocha basáltica também são encontradas em outras regiões do estado sobre diques de diabásio. Somente as regiões do Grupo Bauru ao Norte do Terceiro Planalto não apresentam tais diques.

No Primeiro Planalto, onde se localiza a empresa produtora de brita a partir do gnaiss, ocorrem corpos de dimensões desconhecidas, representados por rochas gnaíssico-granulíticas, pertencentes ao Complexo Atuba, de granulação média, com tonalidades cinza-esverdeadas e composições variando de mangeríticas a noríticas (SIGA, 1995).

Conforme FONTANA (1988) o Primeiro Planalto inclui rochas metamórficas e plutônicas de idade Pré-Cambriana e sedimentos quaternários além de rochas intrusivas de idade Mesozóica. O embasamento cristalino é constituído em sua maioria, por migmatitos com associações de quartzitos de granulação variada, cortados por diques pegmatíticos aplíticos e veios hidrotermais. Ocorrem ainda

diques de diábasio, cortando todos os materiais mencionados, datados do Triássico-Jurássico, com intrusões locais de rochas alcalinas.

Segundo MAACK (1968) o Primeiro Planalto divide-se em três sub-regiões particularmente típicas. Na região Sul conservou-se como platô regular mostrando apenas grandes extensões planas e suaves ondulações. A região Norte é recortada numa paisagem recente de elevações devido aos afluentes do Vale do Ribeira, sendo que sobre o nível geral do Primeiro Planalto se elevam as partes formadas por rochas mais resistentes. Uma terceira parte à leste é drenada por rios de meandros que transpõem a “Escarpa Devoniana” por meio de canais subterrâneos. Curitiba, a capital do Estado, localiza-se na parte não entalhada e suavemente ondulada do Primeiro Planalto.

3.1.2 Geologia Local das Áreas Estudadas

As Empresas X e Y encontram-se na porção Setentrional do Terceiro Planalto constituído por espessos derrames de “trap” basálticos pertencentes a formação Serra Geral, Grupo São Bento. As rochas são de idade Mesozóica. Em contato com a Formação Serra Geral encontram-se os arenitos da Formação Botucatu.

Os basaltos são de cor escura e granulometria fina, constatando-se a presença de vesículas e amígdalas nos topos dos derrames. Ocorrem também em certos locais fraturas preenchidas por veios de quartzo. As rochas são constituídas por plagioclásios calcicos (labradoritas) e piroxênios (augitas). Relacionados aos derrames, numerosos diques e sills de textura ofítica e direção preferencial NW-SE. De modo geral a ocorrência de basalto é contínua com um capeamento de solo, produto da alteração desta rocha, tendo uma profundidade em torno de 3 metros.

Para a Empresa Z a área de pesquisa está situada sobre rochas de idade pré-cambriana inferior a arqueana e rochas de idades juro-cretáceas(derrames basálticos).

A rocha predominante é o gnaiss ocupando quase 100% da área pesquisada, sendo o principal minério lavrado. Do ponto de vista estrutural, tais

rochas devem constituir um flanco de dobra, com direções gerais anômalas com relação à média dos dobramentos regionais: N50°-70°W, com mergulhos para sul. Apresentando granulação variada, indo de grossa a média, possuindo uma certa homogeneidade em relação a orientação, mostrando um aspecto gnáissico, com composição granítica a granodiorítica.

Pode-se observar ainda diversos veios pegmatíticos (quartzo-feldspáticos) cortando irregularmente as rochas. Nas partes elevadas do terreno encontram-se em certos locais concentrações de ferro no solo superficial, as lateritas, que são formadas a partir de minerais contendo, por águas de percolação pobres em O₂, se concentrando em horizontes inferiores do solo. A rocha quando alterada forma um regolito, de até 8 m de espessura, de coloração avermelhada com tons amarelados. Estruturalmente esta rocha pode ser classificada como gnaiss granodiorítico – estromatítico. Diques de diabásio encontram-se cortando discordantemente o gnaiss. O dique de maior dimensão corta a área no sentido N55°-60°W, com largura de 20m. São rochas de cor escura, granulometria fina, que ao alterarem formam blocos arredondados com típica esfoliação esferoidal.

3.1.3 Descrição Geral das Áreas de Estudo

3.1.3.1 Áreas das empresas de basalto

A região onde se localizam as empresas de produção de brita de basalto situa-se na meso-região do Norte Paranaense, no domínio do Terceiro Planalto Paranaense, aproximadamente 400 km a norte-noroeste de Curitiba e 10 km de Londrina, caracterizando-se por um clima subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes e inverno e frequência baixa de geadas. A temperatura média apresenta valores superiores a 22°C no verão e no inverno mostra-se inferior a 18°C. A economia é baseada fundamentalmente nos serviços, na agricultura e na indústria, incluindo-se a de minerais não metálicos (MINEROPAR, 2001).

Com base em Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR (2001) a região é beneficiada por um regime pluviométrico razoavelmente bem distribuído durante o

ano, com precipitação média anual variando de 1.100 a 1.600 mm, e raríssimos períodos de grandes estiagens ou chuvas prolongadas, sendo fevereiro e março os meses mais chuvosos. O índice de umidade relativa média anual situa-se em torno de 68%.

Entretanto durante os meses de outono e inverno constata-se várias semanas sem chuvas significativas o que favorece a mobilização de poeira para o ar.

A figura 04 no anexo 02, pg 166 e figura 05 a seguir indicam a posição aproximada das empresas estudadas.

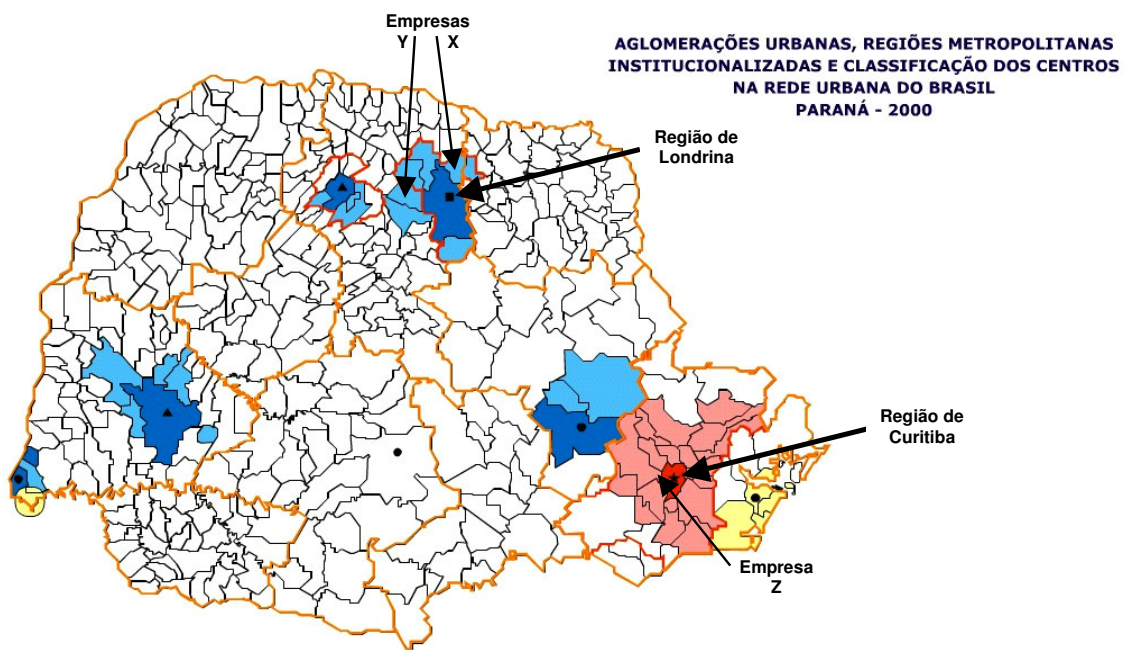
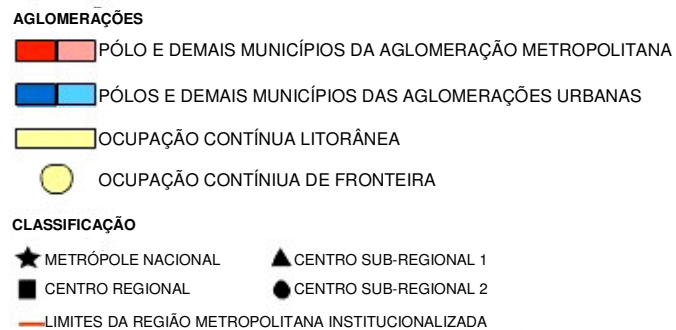


FIGURA 05 – LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDO

Fontes: IPARDES (2002)



Segundo o Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social - IPARDES (2002) a região é classificada como Centro Regional, tendo como pólo o município de Londrina, com população em torno de 720.000 habitantes, área aproximada de 3.285 km², densidade demográfica em torno de 219 habitantes por quilometro quadrado, e uma taxa média de crescimento anual da população entre 1991 a 2000 de 1,68 %.

Com base em Companhia Paranaense de Energia Elétrica - COPEL (1999) a região apresenta velocidade média dos ventos entre 5 e 5,5 m/s, com direção predominante leste, com anemômetro a 2 metros do solo. O fluxo de potência eólica – referência para um plano perpendicular à direção dos ventos para densidade do ar de 1,225 kg/m³, é de 190 W/m². A figura 09 na página 44 apresenta a rosa dos ventos para a região.

A junção do clima mesotérmico, brando e úmido com basaltos de composição litológica bastante homogênea é responsável pela presença de um perfil de intemperismo sem grandes variações. Os latossolos são predominantes, principalmente nas partes altas e planas do relevo, sendo conhecidos como terras roxas. Em menores proporções há presença de litossolos e gleissolos (EMBRAPA, 1984).

O relevo é predominantemente suave ondulado com declividades acentuadas próximo às nascentes de córregos. Em razão do desmatamento são poucas as áreas remanescentes da formação vegetal natural (mata pluvial tropical e subtropical). A retirada da cobertura vegetal original para implantação de cultivos, notadamente de café, milho e algodão desencadeia uma degradação dos solos, aumentando a susceptibilidade à erosão hídrica e eólica (CUNHA e GUERRA, 1998). A poeira mobilizada a partir de solos descobertos pode aumentar a quantidade de poeira medida no ambiente das pedreiras, sobretudo durante o início da primavera quando muitos solos agrícolas e pecuários podem se encontrar arados e secos. Daí a importância de medições de controle externo.

As figuras 06 e 07 mostram a topografia com a hidrografia dos entornos das empresas X e Y, e a figura 08 mostra esses aspectos relativos a empresa Z.

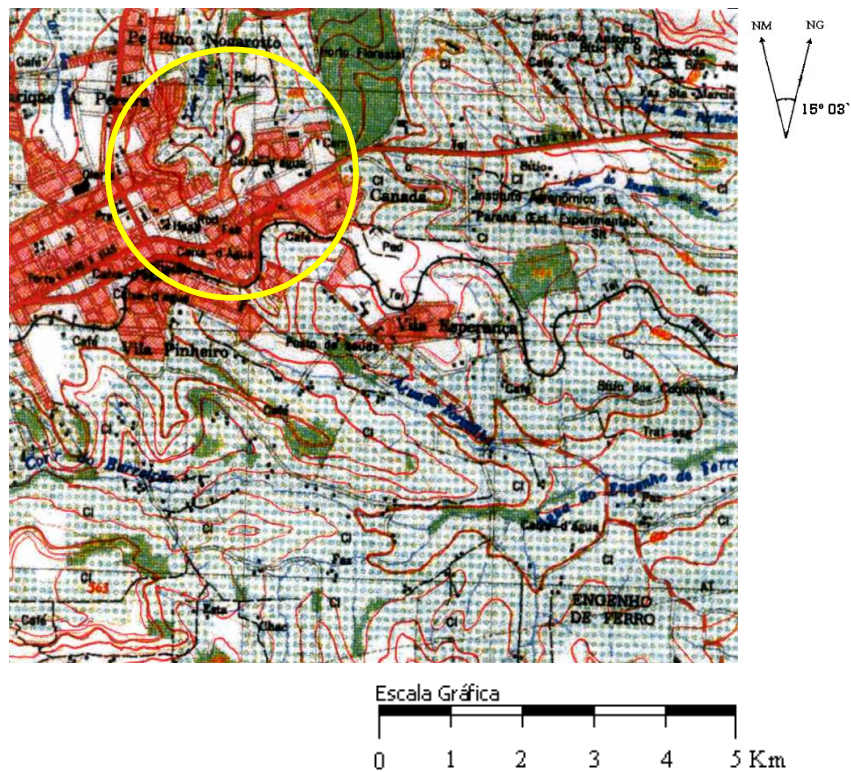


FIGURA 06 – MAPA TOPOGRÁFICO COM HIDROGRAFIA DO ENTORNO DA EMPRESA X
 Fonte: IBGE (1990) - Folha SF-22-U-II

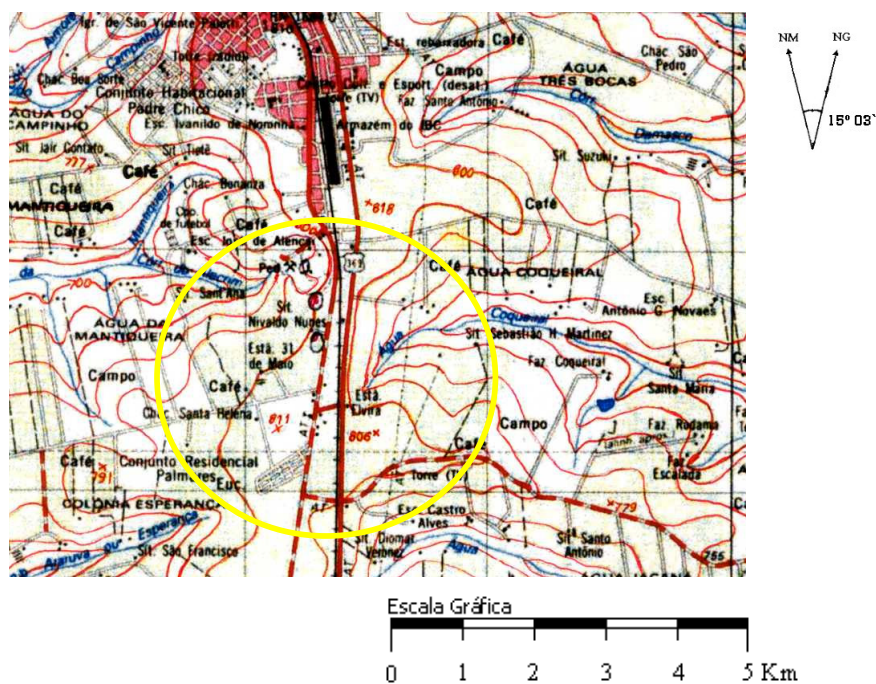


FIGURA 07 – MAPA TOPOGRÁFICO COM HIDROGRAFIA DO ENTORNO DA EMPRESA Y
 Fonte: IBGE (1990) - Folha SF-22-U-II

O basalto é a rocha preponderante do substrato da região sendo, então, a rocha para brita um produto abundante de fácil exploração, com reservas praticamente inexauríveis.

A avaliação ambiental coincidiu com o período de estiagem da região, isto é, agosto/2001 e abril e setembro/2002. Considerando-se a predominância dos ventos na direção SE para NW, a zona habitada encontra-se a sotavento da mineradora, portanto, atingida com menos intensidade pela pluma de partículas. O perfil topográfico suavemente ondulado não serve como barreira natural entre a fonte poluidora e o centro urbano.

3.1.3.2 Área da empresa de gnaiss

A empresa selecionada para a coleta de poeira de gnaiss, para estudo comparativo, localiza-se na Região Metropolitana de Curitiba – RMC.

Segundo o Instituto Ambiental do Paraná - IAP (2001) a Região Metropolitana de Curitiba conta com 25 municípios numa área de 13.041 km² com uma população de aproximadamente 2.850.000 habitantes, mostrando um índice demográfico médio de 218 habitantes por quilômetro quadrado. A região é localizada no Primeiro Planalto do Estado do Paraná com um clima subtropical e úmido. Os invernos são brandos com geadas ocasionais e temperaturas mínimas cerca de -3°C. No verão são registradas temperaturas até 35°C. A umidade relativa varia entre 75 e 85%. As precipitações ocorrem durante o ano inteiro com maior intensidade nos meses de verão. A altitude apresenta-se, em média, entre 850 m e 950 m do nível do mar. Os ventos de quadrante leste são predominantes na região.

Apesar da maior umidade atmosférica média e da melhor distribuição de chuvas ao longo do ano, períodos secos podem ocorrer em qualquer estação, agravando e facilitando a mobilização de poeira.

Com base em COPEL (1999) a RMC apresenta velocidade dos ventos de 5,7 m/s, com direção predominante leste e nordeste. O fluxo de potência eólica é de 200 W/m² nas mesmas condições descritas anteriormente. A figura 10 na página 44 mostra a rosa dos ventos na região.

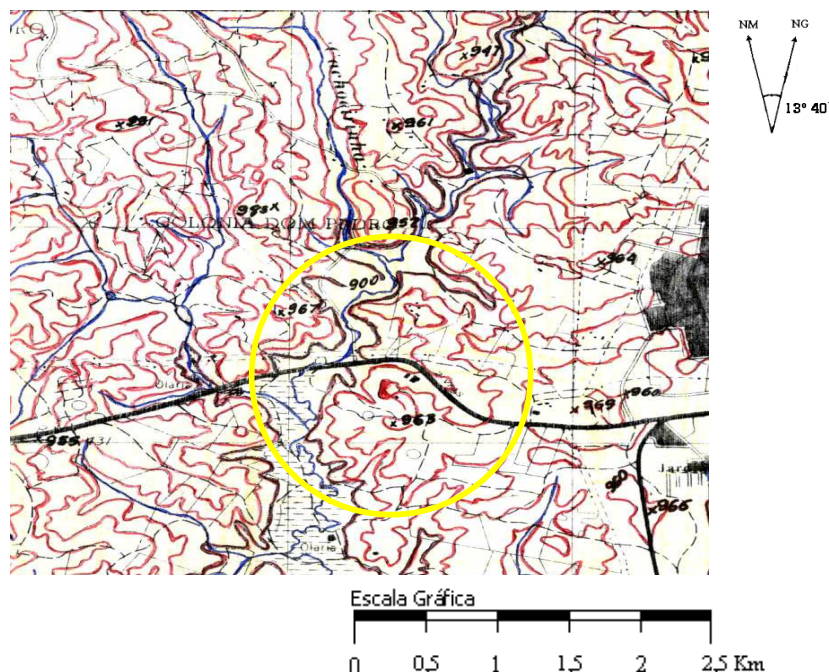


FIGURA 08 – MAPA TOPOGRÁFICO COM HIDROGRAFIA DO ENTORNO DA EMPRESA Z

Fonte: COMEC (1978) - Folha SG-22-X-D-I-3

Com base em CALZAVARA (1978) o Primeiro Planalto é drenado pelas Bacias Ribeira e Iguaçu. A porção Norte situa-se em grande parte na Bacia do Ribeira drenada pelos Rios Ouro Fino e Conceição, e em parte na Bacia do Rio Iguaçu drenada pelo Rio Passaúna e Barigui, sendo constituída pelo grupo Açungui com relevo enérgico, apresentando espigões alongados e vertentes íngremes de vales em “Vê”. Os quartzitos, devido a sua maior resistência à erosão, formam cristas mais altas.

A porção sul e sudoeste do Primeiro Planalto é entalhada no Complexo Migmatítico. O relevo geralmente é mais suave, apresenta morros e colinas arredondados que são a expressão topográfica de Curitiba. Os vales possuem perfis que se assemelham a um “Vê” muito aberto. Longas planícies aluvionais desenvolvem-se ao longo dos rios Verde, Passaúna e Barigui. Nessas áreas o padrão de drenagem, em seu aspecto geral, é meandrante.

Nas regiões recobertas por sedimentos Cenozóicos da Bacia de Curitiba a topografia é pouco acidentada, modeladas em colinas de baixa altura e de vertentes

muito suaves com vales mais abertos e de fundo plano. Planícies aluvionais ocorrem as vezes, como ao longo dos rios Belém, que corta tanto os migmatitos quanto os sedimentos do Guabirota.

A empresa Z faz parte do Complexo Atuba, localizando-se na bacia do rio Iguaçu. A área apresenta relevo suave com aspecto ondulado, não havendo aglomerado urbano próximo. Há uma predominância dos ventos do quadrante leste. O período em que foram realizadas as coletas de poeira coincidiu com a primavera, não tendo ocorrido grandes precipitações, facilitando a dispersão dos poluentes.

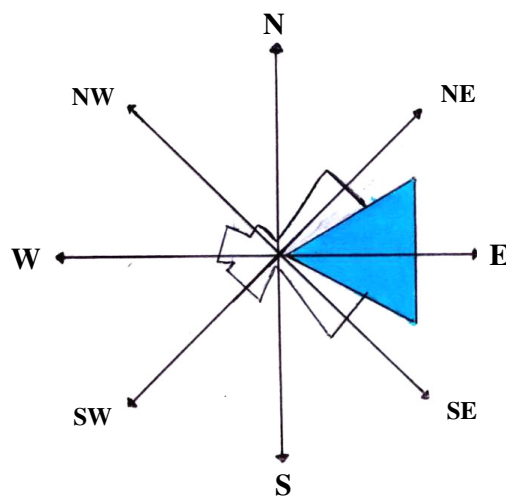


FIGURA 09 – ROSA DOS VENTOS DA REGIÃO DE LONDRINA
Fonte: IAPAR (2003)

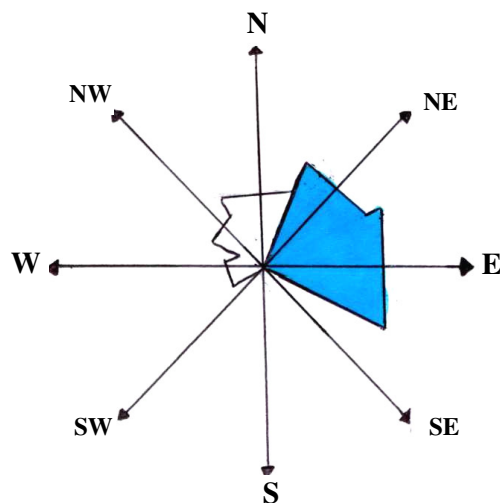


FIGURA 10 – ROSA DOS VENTOS DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA
Fonte: IAPAR (2003)

3.1.4 Interferências para o Meio Ambiente

A extração e o beneficiamento de rochas basálticas na região são responsáveis por impactos negativos ao meio ambiente. Durante o estudo verificou-se que em grande parte das empresas inexistem medidas técnicas capazes de minimizar os problemas de forma segura e eficaz. Os principais problemas observados foram:

IMPACTO VISUAL:

- Degradação da paisagem: devido a extração de minério e depósito de estéril, desfigurando o ambiente natural.
- Alterações topográficas: através da modificação de superfícies e relevos originais.

IMPACTO RELATIVO AO RUÍDO:

Decorrente de várias fontes, principalmente da movimentação de máquinas e equipamentos e detonações.

Pode constatar-se que as frentes de lavra, em sua maioria, encontram-se em área sem aglomerado urbano na redondeza. Portanto, apenas uma parte da população, circunvizinha as empresas, pode ser afetada. O mesmo não se pode afirmar com relação a movimentação de caminhões, utilizados no transporte de brita, que circulam por zona urbana.

IMPACTO PELA POLUIÇÃO DAS ÁGUAS:

- Assoreamento dos cursos d'água em decorrência da decomposição de matéria sólida transportada pelos agentes erosivos.
- Turbidez das águas provocada pelos sólidos em suspensão.

Os depósitos de estéril e rejeito próximos aos cursos d'água, constituídos de forma inadequada, juntamente com as frentes de lavra, liberam materiais sólidos que são arrastados pela chuva.

IMPACTOS PELA POLUIÇÃO DO AR:

Provenientes da britagem por ocasião do beneficiamento, movimentação de máquinas e equipamentos, ação eólica nas pilhas dos depósitos, além da detonação de rochas.

O material proveniente das detonações não têm grande significância pela localização isolada das frentes de lavra, além de apresentar granulometria que causa a precipitação não muito distante do ponto de origem. Deve-se considerar, também, que não é uma atividade diária.

De maior importância é o material proveniente de outras fontes, tais como as usinas de beneficiamento, devido à proximidade de zonas habitadas, grande volume produzido e granulometria que permite dispersão considerável. Deve-se considerar que a maioria das empresas não possuem qualquer sistema de controle de poeira na fase de beneficiamento e que, algumas vezes, foi constatado o sistema desativado nas que possuíam esse controle.

3.1.5 Condições de Segurança

O que pode ser observado, principalmente em empresas pequenas, é a ausência da aplicação das leis relativas a segurança e higiene do trabalho. Em parte deve-se ao desconhecimento, porém de maior relevância é a falta de interesse aliada a uma fiscalização deficiente.

Sobre os aspectos de segurança pode-se constatar que houve pouco desenvolvimento nos últimos anos. Em algumas empresas, principalmente de pequeno porte, verificaram-se métodos de trabalho que podem ser considerados primitivos, não oferecendo nenhuma resguarda para a segurança do trabalhador.

A retirada do capeamento nem sempre é compatível com o nível de extração de rocha, oferecendo, em muitos casos, riscos de desmoronamento. É comum a exploração ser efetuada por meio de “paredões” com altura de até 20 m, aumentando os riscos de acidente do trabalho nas operações de perfuração, carregamento e reparação de face de pequenas bancadas.

A sinalização de alerta nas detonações com explosivos deve ser melhorada. Os acessos durante essa operação deverão ser devidamente melhor bloqueados. As detonações não obedecem a um horário determinado, conhecido dos trabalhadores e vizinhança.

As máquinas e equipamentos motorizados, de uma forma geral, não apresentam proteção adequada das partes móveis e, às vezes, são operadas por pessoas de pouca habilidade. Da mesma forma é freqüente a ausência de guarda-corpo/grelhas nas aberturas de pisos e paredes e a falta de corrimãos nas escadas. Em alguns casos a cabine do operador da britagem primária é fixa na mesma estrutura do britador, fazendo com que o trabalhador sofra influência da vibração, conforme mostra a figura 11.

As instalações prediais, em alguns casos, encontram-se em estado bastante precário como apresentado na figura 12; além de apresentarem instalações elétricas inadequadas, sem o aterramento de motores e proteção das partes energizadas.

A sinalização de segurança praticamente inexiste na maioria das empresas. O vestuário dos trabalhadores em alguns casos é deficiente, sendo freqüente operários descalços ou simplesmente calçados com chinelos abertos, cabeças descobertas, mãos desprotegidas, expostos a ferimentos. Além do que não são oferecidas as mínimas condições sanitárias.

Para as empresas de médio e grande porte as deficiências descritas anteriormente apresentam-se em proporções bastante inferiores.



FIGURA 11 - CABINE DO OPERADOR FIXA À ESTRUTURA DO BRITADOR
Fonte: O AUTOR – Abril/2002



FIGURA 12 – INSTALAÇÕES PREDIAIS EM PÉSSIMAS CONDIÇÕES
Fonte: O AUTOR – Abril/2002

3.2 MÉTODOS

3.2.1 Descrição Geral

O desenvolvimento do estudo ora apresentado, teve como base a utilização de vários elementos obtidos em etapas distintas conforme mostra a figura 13:

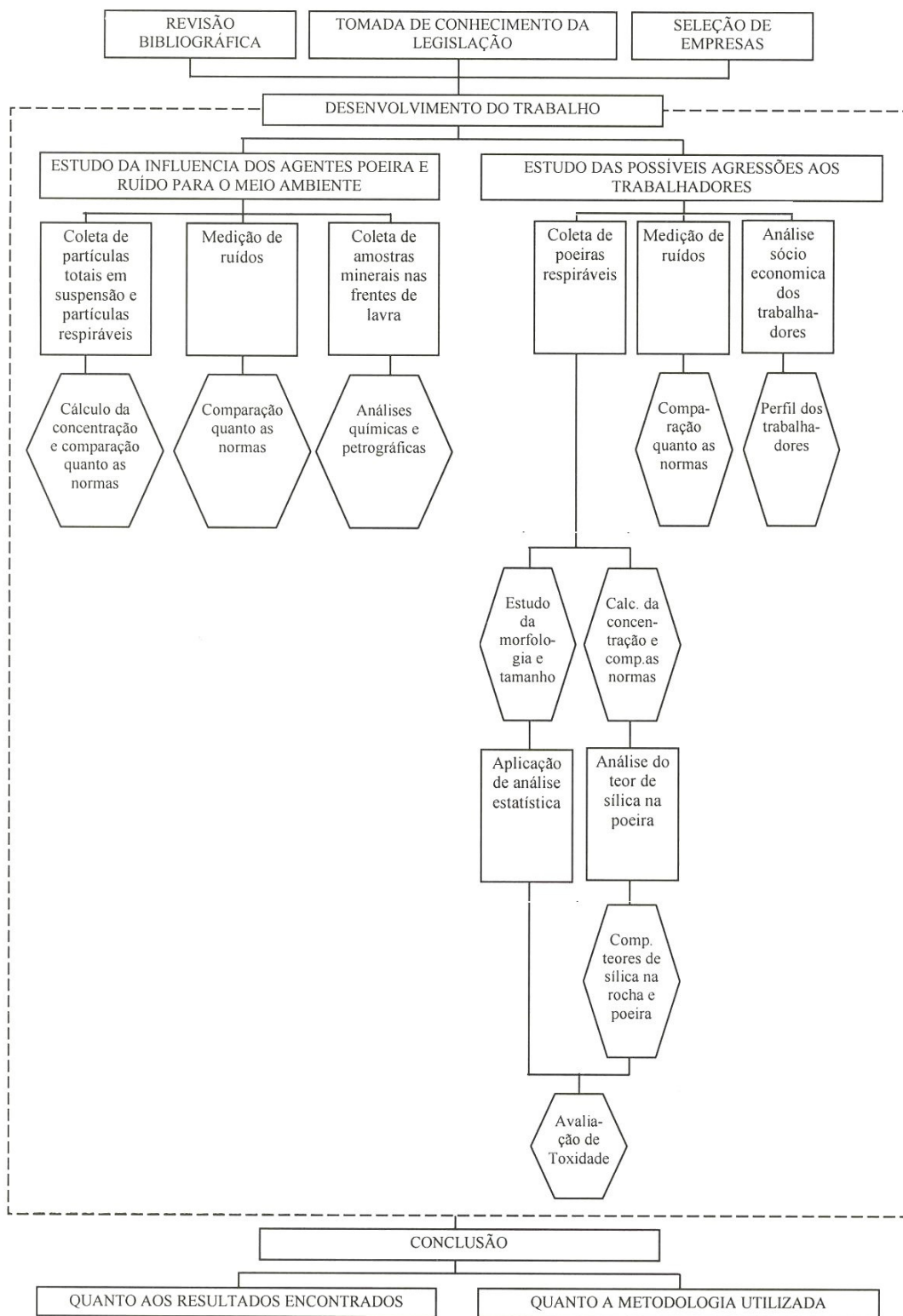


FIGURA 13 – ETAPAS DESENVOLVIDAS PARA A REALIZAÇÃO DOS TRABALHOS

3.2.1.1 Levantamento e análise dos dados existentes

Os trabalhos tiveram início com uma revisão bibliográfica proporcionando informações prévias do tema a ser estudado, além de conhecimento da legislação em vigor e levantamento de trabalhos já existentes com referência ao assunto. Esta revisão foi atualizada durante todo o período de desenvolvimento dos trabalhos.

3.2.1.2 Reconhecimento de campo

Na etapa seguinte passou-se a realizar levantamentos em empresas com objetivo de verificar os riscos de acidentes. Para tanto, percorremos todas as instalações de cada uma delas, procurando entender toda sua estrutura e funcionamento, analisando os locais de trabalho e condições para desenvolvimento das tarefas ali exercidas. Ao completar a vistoria em quatro empresas verificou-se que os problemas constatados passaram a ser repetitivos.

Antes de efetuar o levantamento anteriormente descrito, tinha-se a intenção em selecionar empresas pequenas, médias e grandes para o monitoramento ambiental. Porém, verificou-se que as empresas pequenas não possuem qualquer sistema de controle ambiental, principalmente com referência ao material particulado. Visualmente já era possível constatar a presença desse agente em grandes proporções. Assim seria monitorar o óbvio.

Por estimativa optou-se por estudar empresas que possuem equipamentos de controle coletivo para material particulado. Outro fator preponderante foi a receptividade por parte dos proprietários das empresas em permitir a realização dos trabalhos. Assim, das cinco empresas cadastradas no Departamento Nacional da Produção Mineral- DNPM, na região de Londrina, foi possível avaliar duas empresas de porte médio. Os critérios para escolha dessas duas empresas foram: tamanho do empreendimento, empresas que apresentavam sistema, ainda que rudimentar, para controle da poeira e aproximação das áreas habitadas.

Mantendo o mesmo critério de seleção foi escolhida uma empresa na região de Curitiba.

3.2.1.3 Avaliação e análise dos agentes ambientais em estudo

Após o reconhecimento preliminar para identificação do processo industrial, instalações e equipamentos, foram selecionados os trabalhadores e locais na vizinhança para o monitoramento elaborando-se, portanto, o plano de avaliação ambiental.

O estudo foi planejado para ser desenvolvido em duas etapas: uma que se propôs estudar a influência dos agentes poeira e ruído para o meio ambiente, e a outra direcionada para verificar as possíveis agressões para o trabalhador. Para o meio ambiente foram coletadas partículas totais em suspensão e partículas respiráveis em áreas residenciais vizinhas aos empreendimentos. Para os trabalhadores foi efetuada a coleta de poeiras respiráveis, com o dispositivo de amostragem colocado na lapela do trabalhador, posicionado na zona respiratória (150 ± 50 mm das narinas do trabalhador).

O período da avaliação ambiental coincidiu com época de estiagem, ou seja, nos meses de abril, agosto e setembro para as empresas X e Y, e outubro e novembro para empresa Z, abrangendo as diversas etapas da britagem.

Foram utilizados os amostradores Low Volume Air Sample e High Volume Air Sample para coleta do material particulado no meio ambiente, equipados com filtros de fibra de vidro. Para os trabalhadores foi utilizada a Bomba de Amostragem Individual, munida com o ciclone separador de partículas e filtros de PVC.

Após a coleta, os filtros referentes ao meio ambiente e aos trabalhadores passaram por análise gravimétrica de aerodispersóides sólidos coletados sobre filtros de membrana, sendo que o material particulado referente a coleta no meio ambiente passou por análise de detecção fotométrica para determinação do percentual dos elementos químicos mais significativos, distribuído por faixa de tamanho, e os filtros usados nos trabalhadores foram analisados por difração de raios-X para determinação quantitativa de sílica livre cristalizada.

Foram coletadas amostras minerais nas frentes de lavra para que fossem

realizados estudos petrográficos e análises químicas, de forma a poder-se comparar o teor de sílica na rocha com o teor dessa substância na poeira.

Filtros de polycarbonato foram utilizados para coleta de poeira e, com o auxílio do microscópio eletrônico de varredura, pode-se obter imagens para efetuar a análise da morfologia e do tamanho das partículas na poeira.

As avaliações de ruído tiveram o propósito de determinar se os níveis de pressão sonora podem causar algum dano para o trabalhador e, também, para os moradores da vizinhança das empresas estudadas. As medições foram efetuadas em trabalhadores previamente selecionados, posicionando-se o microfone na zona auditiva do trabalhador. Levou-se em consideração as fontes particularmente ruidosas. Para os moradores vizinhos foi escolhida a residência mais próxima dos empreendimentos.

3.2.1.4 Critérios utilizados

Os critérios aplicados nas medições junto aos trabalhadores obedeceram ao estabelecido nas Normas de Higiene do Trabalho - NHT-02 A/E “Avaliação da Exposição Ocupacional a Aerodispersóides” de maio/84, e a NHO/01 “Avaliação da Exposição Ocupacional ao Ruído”, de 2001, da Fundacentro. Para o meio ambiente foram obedecidos os critérios estabelecidos na Norma Técnica L8.010 “Material Particulado em Suspensão na Atmosfera”, de julho/85, da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB e na NBR 10151 “Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto das comunidades” da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT, de 2000.

Para o estudo das condições socioeconômicas da mão de obra do setor foram efetuadas entrevistas pessoais com trabalhadores de diversas funções, através da utilização de questionário (anexo 03).

A pesquisa desenvolveu-se nas empresas ligadas à atividade e região em estudo, não havendo intenção de abranger toda complexidade que o tema exige, limitando-se ao levantamento de dados considerados importantes, visando obter resultados que possam ser úteis a programas futuros. Para um estudo mais detalhado

sobre o assunto seria necessário um trabalho conjunto de uma equipe multidisciplinar. Importante ressaltar as dificuldades que foram encontradas durante a abordagem com os trabalhadores, devido ao receio de alguns em responder determinadas questões, exigindo habilidade por parte do entrevistador.

3.2.2 Material Particulado

3.2.2.1. Para o meio ambiente

Para se monitorar e medir as partículas é necessário elaborar um plano de amostragem definindo os pontos a serem aferidos. É especificado em um mapa o limite da área de mineração, as propriedades, com o conhecimento da situação das construções e estradas existentes nas proximidades, a exata localização da lavra e beneficiamento, além das instalações de administração.

As figuras 14 e 15 mostram onde foram instalados os equipamentos para medição em áreas circunvizinhas aos empreendimentos, e os resultados são expostos logo a seguir.

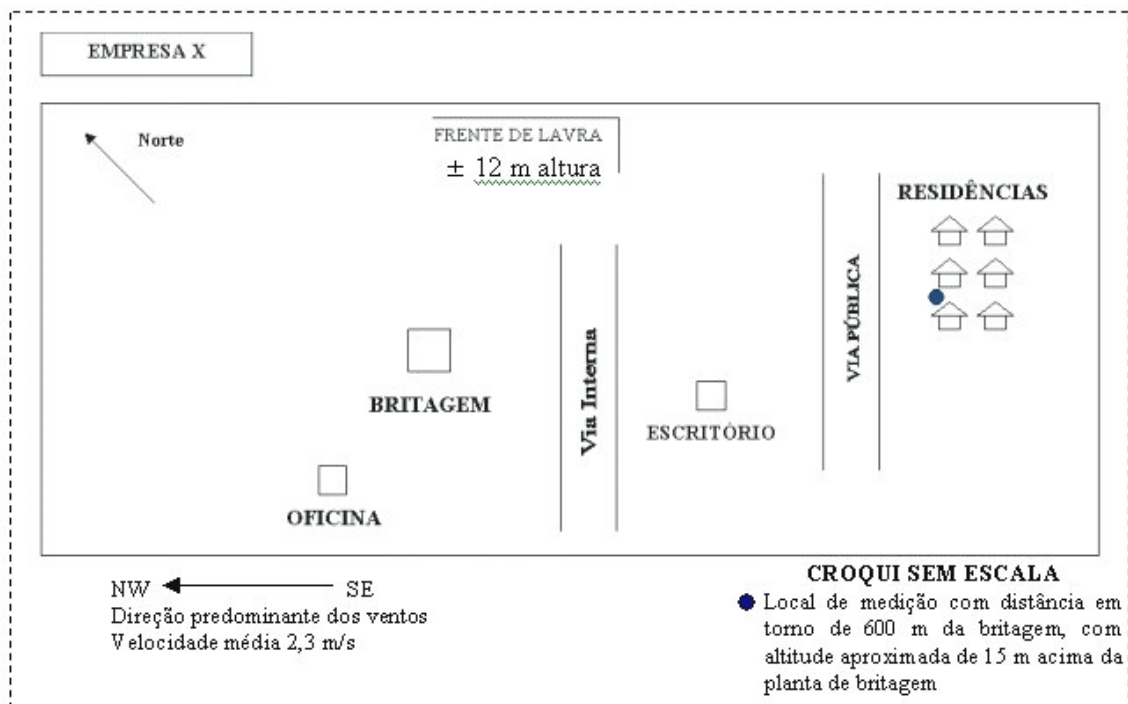


FIGURA 14 - CROQUI COM LOCAL DE MEDIÇÃO - EMPRESA X

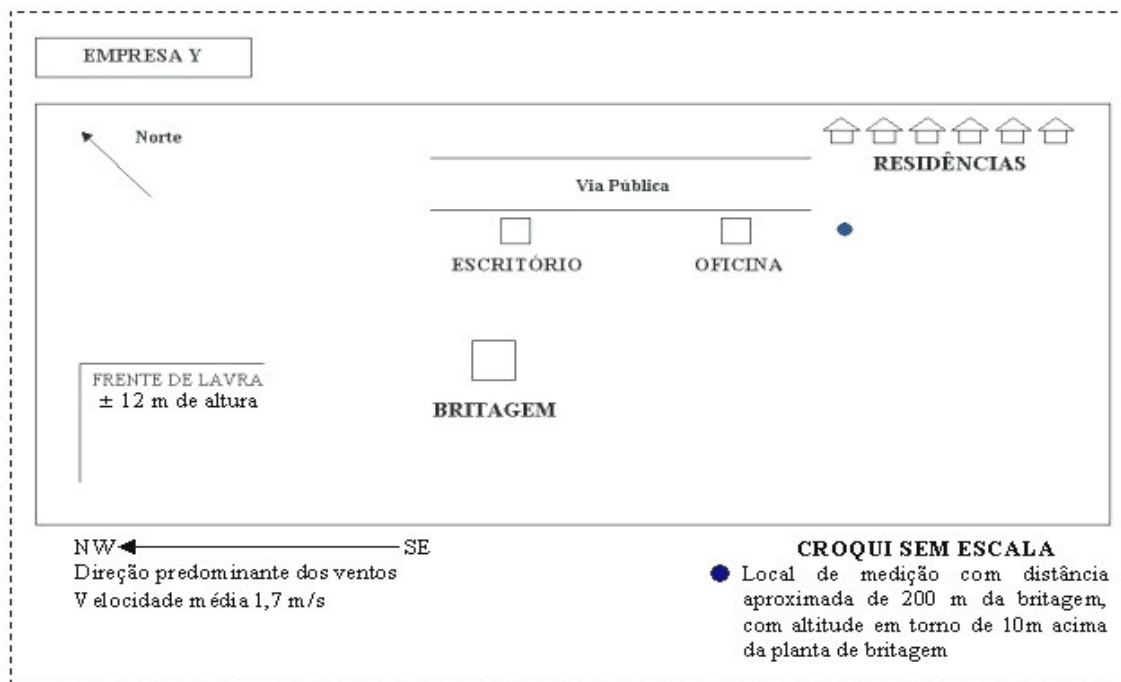


FIGURA 15 - CROQUI COM LOCAL DE MEDIÇÃO - EMPRESA Y

Os filtros para o High e Low Volume antes de serem utilizados, ficaram em uma estufa com temperatura e umidade controladas, por um período de 24 horas, antes da pesagem. Após a amostragem o mesmo procedimento foi utilizado. Os filtros não devem ser tocados com as mãos sujas, e deve-se tomar cuidado no manuseio após a coleta para evitar a perda da poeira coletada.

A escolha de determinada área para colocação de uma estação de amostragem depende principalmente dos propósitos da amostragem e das características de distribuição dos poluentes que se está querendo avaliar, enquanto o local é escolhido levando em consideração, principalmente, a sua representatividade, as facilidades de proteção dos equipamentos contra intempéries e vandalismo e a disponibilidade de facilidade, como, por exemplo, energia elétrica.

De uma maneira geral pode-se seguir as seguintes recomendações para localização e implantação de estações de amostragem:

- prioridade para as áreas poluídas;
- prioridade para as áreas mais povoadas;
- colocar as estações a sotavento da fonte poluidora e barlavento da região habitada. As direções predominantes dos ventos são importantes;
- evitar proximidade de obstáculos, tais como prédios, chaminés, etc.

Na empresa X os equipamentos foram instalados em uma residência situada em um conjunto habitacional a cerca de 600 m da fonte principal de emissão do material particulado, na direção SE. Na empresa Y os equipamentos foram instalados dentro do perímetro da usina de beneficiamento a uma distância aproximada de 200 m do setor de britagem, na direção Leste. Sendo esta a direção das residências mais próximas, apenas sendo separadas por uma via pública.

Em geral, para se estimar a concentração de poluentes na atmosfera, são usadas as determinações de médias horárias, médias de oito horas, médias diárias e médias mensais. A escolha de uma ou mais destas medidas depende de fatores, tais como: o tipo de efeito causado pelo poluente, o tipo de padrão de qualidade do ar utilizado e a variação das concentrações. Em alguns casos a própria legislação determina o tempo de amostragem. Em nosso caso a duração foi de 24 horas para o *High Volume* e variável para o *Low Volume*, de acordo com cada caso, obedecendo o que é determinado na legislação nacional em vigor.

No caso do *Low Volume* o dispositivo de sucção foi posicionado cerca de 1,5 metros do solo e, direcionado para a fonte poluidora, junto ao *High Volume*.

Inicialmente tentou-se a análise química pelo método de fluorescência do material particulado coletado no meio ambiente através de filtros de fibra de vidro utilizados no *High Volume*. Mesmo tendo sido utilizado o tempo máximo de coleta,

ou seja, 24 horas, não se conseguiu material suficiente para esse tipo de análise. Sendo assim optou-se pelo método de medição de tamanho de partícula através da detecção fotométrica por gravidade e centrifugação. Esse método é bastante utilizado tendo em vista a confiabilidade dos resultados. O analisador do tamanho de partículas por centrifugação SA-CP5 da Shimadzu mede a distribuição percentual dos elementos químicos presentes na poeira, por intervalo de tamanho. A faixa de medição abrange de 0,02 a 500 μ sendo que o intervalo de medição é determinado pelo próprio equipamento, de acordo com a amostra a ser avaliada.

3.2.2.2 Para o ambiente de trabalho

Inicialmente foi realizado um reconhecimento preliminar do local a ser avaliado, definindo-se os trabalhadores que usariam o equipamento de amostragem. A caracterização da exposição é feita de forma individual e, para determinar a concentração ambiental de poeira, as amostras foram coletadas no nível respiratório do trabalhador. O porta-filtro é montado em um ciclone (separador de partículas) e ligado a bomba de amostragem através de mangueira, para coleta de poeira respirável.

O tempo de amostragem é definido de forma que não haja saturamento do filtro, ou seja, o material coletado não deve sofrer desprendimento do filtro. Este tempo variou de acordo com as características do ambiente e dos processos industriais.

Antes da utilização, a bomba de amostragem teve efetuada a calibração da vazão de amostragem em 1,7 L/min, conforme recomendado em normas técnicas, através do método da bolha de sabão, com o uso de uma bureta, sendo logo após checada a calibração por meio de calibrador digital.

Após a coleta 26 amostras de basalto e 09 de gnaiss foram analisadas por gravimetria e pelo Difratômetro de Raio X, marca Philips – Modelo PW1710, para determinação da concentração de poeira e da percentagem de sílica.

3.2.3 Ruído

3.2.3.1 Para o trabalhador

A caracterização da exposição se fez de maneira individual, e as medições realizadas com o microfone posicionado dentro da zona auditiva do trabalhador. A avaliação foi efetuada por meio da determinação do nível de exposição representativo da exposição diária do trabalhador

Com a identificação dos grupos de trabalhadores que apresentam as mesmas características – chamados grupos homogêneos – não houve necessidade de avaliar todos os trabalhadores.

O período de amostragem foi adequadamente determinado, de forma que as medições foram representativas da exposição de toda a jornada de trabalho, levando-se em conta os ciclos de exposição.

O circuito de ponderação utilizado foi o “A” e o circuito de resposta lenta (slow).

3.2.3.2 Para o meio ambiente

Para o ambiente externo às mineradoras o medidor do Nível de Pressão Sonora foi instalado próximo a área urbana, vizinha ao empreendimento, tomando-se como base a residência mais próxima para avaliação do ruído proveniente das plantas de beneficiamento. Como o valor medido encontra-se abaixo do estabelecido pela legislação, não foi necessário efetuar medições em pontos mais distantes. Vale ressaltar que as frentes de lavra encontram-se distantes das áreas habitadas, não havendo interferência do ruído relativo às detonações com explosivos.

3.3 CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS E PETROGRÁFICAS DAS ROCHAS EM ESTUDO

Para realização deste estudo foram coletadas, 44 amostras no total, sendo 08 delas na Empresa X, 19 na Empresa Y e 17 na Empresa Z. As amostras foram coletadas nas frentes de lavra, com altura e distanciamento de forma que sejam representativas para toda frente de trabalho, conforme pode-se observar nas figuras 16 a 19. Com as análises químicas e petrográficas das amostras, procurou-se caracterizar as rochas das áreas estudadas, obtendo-se os percentuais dos elementos químicos, e a mineralogia, comparando os dados com outros estudos já realizados, confirmando-se os dados que serão trabalhados. Foi efetuado um comparativo do percentual de sílica presente em cada litologia, correlacionando estes valores com os percentuais de sílica na poeira.



FIGURA 16 – LOCAIS DE COLETA DE AMOSTRAS PARA ANÁLISES QUÍMICA E PETROGRÁFICA NA EMPRESA Y.

Fonte: O AUTOR – Setembro/2002

Nota: Observa-se superfície e cimeira planas e espessura do solo e manto de alteração em torno de 06 metros.



FIGURA 17 – LOCAIS DE COLETA DE AMOSTRAS PARA ANÁLISES QUÍMICA E PETROGRÁFICA NA EMPRESA X.

Fonte: O AUTOR – Abril/2002

Nota: A frente de lavra acima observada tem direção SE-NW .



FIGURA 18 – LOCAIS DE COLETA DE AMOSTRAS PARA ANÁLISES QUÍMICA E PETROGRÁFICA NA EMPRESA X

Fonte: O AUTOR – Abril/2002

Nota: Observam-se as duas frentes de lavra com direção SE-NW e NE-SW.



FIGURA 19 – LOCAIS DE COLETA DE AMOSTRAS PARA ANÁLISES QUÍMICA E PETROGRÁFICA NA EMPRESA Z

Fonte: O AUTOR – Outubro/2002

3.3.1. Análise Química

3.3.1.1. Metodologia utilizada

Após a coleta foram selecionadas trinta e oito amostras, sendo excluídas seis amostras devido ao grau de alteração, que passaram por processo de britagem e moagem em laboratório. Em um béquer foram colocadas 0,9 gramas de rocha moída, adicionando-se 9,0 gramas de tetraborato de lítio, ou seja, o padrão estabelecido de 10% nessa relação, para este tipo de análise. Em seguida, foi colocada a mistura no cadinho, acrescentando algumas gotas de brometo de lítio, levando-se para fusão onde foram obtidas as pastilhas para análise, através da fluorescência.

3.4 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS NAS AVALIAÇÕES AMBIENTAIS

3.4.1. Material Particulado

3.4.1.1. Para o meio ambiente

a) Amostrador de Ar para Pequeno Volume

Equipamento composto por placas separadoras de partículas, com chapas paralelas, porta filtro, compressor de sucção e indicadores de vazão e vácuo (Anexo 04– fig. 75 e 76, pg 169).

Este amostrador portátil pode coletar partículas em suspensão no tamanho desejado, através da vazão de sucção. Quando se realiza a medição para saber as condições do meio ambiente, com vazão de 20 L/min, coletam-se partículas menores que 10 μ , eliminando-se totalmente as partículas acima deste tamanho. Para uma vazão de 15 L/min, coletam-se partículas abaixo de 7,0 μ . Durante as medições são utilizados filtros de fibra de vidro.

Sendo portátil, o amostrador é fácil de ser transportado, facilitando as medições de concentração de poeira.

Segundo DNPM (BRASIL,1985 a) o tempo de amostragem é variável de acordo com a densidade de poeira e a vazão do ar. Quando a densidade de poeira for maior do que 1,0 mg/m³ deve-se ter um tempo mínimo de uma hora de amostragem, e para densidade inferior a 1,0 mg/m³ deve-se ter um tempo maior, pois é necessário coletar uma quantidade de material suficiente para a análise. Deve-se retirar o filtro com cuidado para não perder a poeira coletada, nem manchar e/ou absorver partículas estranhas.

CÁLCULO DA CONCENTRAÇÃO DE POEIRA

$$M = W - W'$$

Onde:

M - Peso de poeira coletada

w - Peso do filtro após a amostragem

w' - Peso do filtro antes da amostragem

$$C = \frac{M}{V}$$

$$V = \frac{v \cdot t}{1000}$$

Onde:

C - Concentração de peso (mg/m³)

M - Peso de poeira coletada

V - Volume de ar (m³)

v - Vazão de sucção (L/min)

t - Duração da amostragem (min)

b) Amostrador de Ar para Grande Volume

Equipamento com aspirador elétrico capaz de fazer passar o ar atmosférico por um filtro possuindo, também, medidor e ajustador de vazão, dentre outros componentes. (Anexo 04- fig 77 e 78, pg 170).

Este amostrador de ar é protegido por um abrigo próprio com material resistente a intempérie, podendo ser utilizado em qualquer situação climática, sendo possível amostrar grande volume de poeira do ar durante o tempo desejado. Este amostrador pode ser utilizado como separador de poeira conforme o objetivo da medição.

São utilizados filtros de fibra de vidro com dimensões de 203 mm por 253 mm onde serão coletadas partículas de 0,1 a 100 µ. A vazão do ar deve ser ajustada para 1000 L/min; o próprio equipamento possui dispositivo para manter este valor constante durante o período de medição.

A duração da amostragem depende das seguintes condições:

- é necessário um tempo de amostragem que possamos colher bastante material, para compensar a precisão na pesagem do filtro;
- é necessário fazer a amostragem durante 24 horas quando a medição for para meio ambiente;
- quando a concentração de poeira for muito alta, este tempo pode ser diminuído.

Cálculo da concentração de poeira

$$C = \frac{1000 \cdot (B - A)}{V}$$

$$V = \frac{c \cdot d}{1000}$$

Onde:

C - Concentração de poeira em mg/m³

B - Peso do filtro após a amostragem (g)

A - Peso do filtro antes da amostragem (g)

V - Volume de sucção de ar (m³)

c - Duração da amostragem (min)

d - Vazão de sucção (L/min)

Além destes equipamentos, foram utilizados os seguintes aparelhos:

- Medidor portátil de direção e intensidade do vento;

E como acessórios:

- Balança analítica de precisão;
- Estufa;
- Filtros de fibra de vidro.

3.4.1.2. Para o ambiente de trabalho

Utilizou-se uma bomba de amostragem individual marca SKC - Modelo 224 – 44XR, ajustada e calibrada para vazão de 1,7 L/min. A bomba é utilizada juntamente com o ciclone, para que possamos fazer a coleta das partículas respiráveis (Anexo 04– fig. 79, pg 171).

O filtro utilizado para a coleta de poeira é de membrana PVC, com 37 mm de diâmetro, porosidade de 5 μ , para determinações analíticas por gravimetria e por difração de Raio X. A figura 18 mostra o trabalhador com dispositivo para coleta de poeira.

Com isto objetivou-se abordar dois aspectos. Um deles é determinar a quantidade de poeira no ambiente de trabalho; o outro é determinar a massa e o percentual de sílica na porção respirável.

A mesma bomba de amostragem foi utilizada, com filtros de polycarbonato, com poros de 0,2 μ , na coleta de poeira, para obtenção de imagens utilizadas na análise da morfologia e tamanho das partículas de sílica, por meio do microscópio eletrônico de varredura, no laboratório de microscopia do Lactec.



FIGURA 20 - OPERÁRIO COM FILTRO COLETOR E CICLONE SEPARADOR DE POEIRA.
Fonte: O AUTOR – Setembro/2002

3.4.2. Ruído

O equipamento possui um sistema de leitura digital e consiste de um microfone, pré-amplificadores lineares, circuito de compensação e/ou filtro de frequência (Anexo 04 – fig. 80, pg 171).

Durante as medições utilizou-se um medidor de nível de pressão sonora, marca BRUEL & KJAER, modelo 2230, devidamente calibrado, operando no circuito de resposta lenta (slow) e circuito de compensação A, cobrindo todos os pontos de trabalho de cada uma das funções analisadas. Este mesmo equipamento foi utilizado nas medições para o meio ambiente circunvizinho aos empreendimentos.

3.5 DETERMINAÇÃO DA FORMA E TAMANHO DAS PARTÍCULAS

Para esse estudo foram utilizados filtros de polycarbonato, particularmente indicados para posterior análise pelo Microscópio Eletrônico de Varredura-MEV, pois são planos e sem relevo característicos, juntamente com a bomba individual de

amostragem operando com vazão de 2,0 L/min. Inicialmente foram efetuadas 06 coletas com tempos de amostragem diferenciados para determinação do tempo ideal. Em todos os filtros foram coletadas quantidades suficientes de material para estudo no MEV. O método utilizado para preparação das amostras, para obtenção das imagens, teve como base GOLDSTEIN (1992) com metalização efetuada à ouro, utilizando elétron secundário detector; a distância de trabalho (WD) de 14,9 mm e tensão de 15 KV.

4. RESULTADOS OBTIDOS

Os resultados obtidos nas avaliações ambientais são expostos a seguir.

4.1 – EMPRESA X (BASALTO)

4.1.1. Poeira

4.1.1.1 Para o meio ambiente

Os valores obtidos através das avaliações ambientais efetuadas com o Low Volume e High Volume são apresentados na tabela 06. A distribuição percentual dos elementos químicos mais significativos, avaliados nos filtros do High Volume, são mostrados na tabela 07.

Local e data	Partículas respiráveis (Low Volume) Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Partículas totais em suspensão (High Volume) Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Residência próxima ao setor de britagem Agosto/2001 e abril/2002	67	89
	50	95
	83	92
	71	80
	60	90
	64	99
	83	89
	76	96
L.T. – $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$		L.T. – $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$

TABELA 06 – VALORES DA CONCENTRAÇÃO PARA PARTÍCULAS RESPIRÁVEIS E TOTAIS EM SUSPENSÃO NA EMPRESA X

Diâmetro μ	Sílica		Óxido de Ferro		Óxido de Alumínio	
	%	Acumulado	%	Acumulado	%	Acumulado
60		0,0				
50	2,00	2,00				
40	2,75	4,75	0,00	0,00	0,00	0,00
30	4,70	9,45	2,40	2,40	1,90	1,90
20	9,95	19,40	4,55	6,95	4,05	5,95
15	10,10	29,50	4,80	11,75	4,10	10,05
10	8,00	37,50	10,10	21,85	9,30	19,35
8,0	5,15	42,65	0,65	22,50	11,65	31,00
6,0	13,70	56,35	14,05	36,55	7,90	38,90
5,0	8,75	65,10	2,65	39,20	8,35	47,25
4,0	9,40	74,50	10,30	49,50	10,80	58,05
3,0	6,00	80,50	8,80	58,30	7,05	65,10
2,0	7,55	88,05	13,90	72,20	10,95	76,05
1,5	2,30	90,35	6,00	78,20	4,15	80,20
1,0	2,30	92,65	5,85	84,05	4,60	84,80
0,8	0,80	93,45	2,50	86,55	1,65	86,45
0,6	1,00	94,45	2,25	88,80	1,80	88,25
0,5	0,50	94,95	0,80	89,60	0,85	89,10
0,4	0,90	95,85	1,75	91,95	1,20	90,30
0,3	1,25	97,10	2,45	93,80	1,60	91,90
	2,90	100,00	6,20	100,00	8,10	100,00

TABELA 07 - VALORES PERCENTUAIS DOS PRINCIPAIS ELEMENTOS QUÍMICOS DA POEIRA COLETADA NO MEIO AMBIENTE NA EMPRESA X

- Resultados obtidos por detecção fotométrica por gravidade e centrifugação no laboratório do DNPM - São Paulo.

* Valores em negrito correspondente a poeira respirável

4.1.1.2. Para o trabalhador

Através da Bomba de Amostragem Individual foi coletado material para o cálculo das concentrações de poeira no ambiente de trabalho, conforme exposto na tabela 08.

Local e data	Concentração de Poeira (mg/m ³)	Limite de Tolerância (mg/m ³) LT
Operador de Britagem Agosto/2001 e abril/2002	1,45	1,37
	2,25	1,90
	2,37	2,66
	1,32	2,05
	0,43	1,14
Auxiliar Geral (Beneficiamento) Agosto/2001 e abril/2002	1,80	1,08
	1,12	1,14
	2,00	1,81
	0,75	1,53
	1,00	1,81
	0,38	0,60
	0,49	1,25

LT = 8 / %quartzo+2 (mg/m³)

TABELA 08– CONCENTRAÇÃO DE POEIRA RESPIRÁVEL NO AMBIENTE DE TRABALHO E COMPARATIVO COM LIMITE DE TOLERÂNCIA NA EMPRESA X

4.1.2. Ruído

Na tabela 09 são apresentados os valores obtidos na avaliação do ruído.

Local	Valor dB(A)	Tempo de Exposição
Perfuratriz	102	8:30h
Martelo pneumático	105	8:30h
Pá carregadeira	96	8:30h
Caminhão	88	8:30h
Caminhão	86	8:30h
Britador	93	8:30h
Cabine de comando (beneficiamento)	87	8:30h
Beneficiamento (ambiente)	88	8:30h
Residências (valor médio)	58	

LT = 85dBA para 8 horas

TABELA 09 – VALORES DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA PARA O AMBIENTE DE TRABALHO E MEIO AMBIENTE NA EMPRESA X

CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS (VENTO)

- Direção predominante: SE para NW
- Velocidade média: 2,3 m/s

4.2. - EMPRESA Y (BASALTO)

4.2.1. - Poeira

4.2.1.1. – Para o meio ambiente

A tabela 10 apresenta os valores obtidos na avaliação ambiental efetuada com o Low Volume e High Volume. A distribuição do percentual dos elementos químicos mais significativos na poeira coletada com o High Volume são mostrados na tabela 11.

Local e data	Partículas respiráveis (Low Volume) Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Partículas totais em suspensão (High Volume) Concentração ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Divisa da empresa com área residencial	117	181
	152	157
	125	169
	68	104
	61	108
Abril/2002 e setembro/2002	72	99
	83	90
	67	93
	83	97
L.T. – 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$		L.T. – 80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

TABELA 10 – VALORES DA CONCENTRAÇÃO PARA PARTÍCULAS RESPIRÁVEIS E TOTAIS EM SUSPENSÃO NA EMPRESA Y

Diâmetro μ	Sílica		Óxido de Ferro		Óxido de Alumínio	
	%	Acumulado	%	Acumulado	%	Acumulado
60	0,00	0,00	0,00	0,00		
50	1,00	1,00	2,00	2,00		
40	1,35	2,35	3,80	5,80	0,00	0,00
30	2,30	4,65	3,95	9,75	1,65	1,65
20	4,90	9,55	8,40	18,15	3,40	5,05
15	5,00	14,55	6,05	24,20	3,45	8,50
10	19,15	33,70	5,80	30,00	0,70	9,20
8,0	8,95	42,65	5,55	35,55	15,80	25,00
6,0	10,40	53,05	10,30	45,85	9,25	34,25
5,0	10,70	63,75	13,70	59,55	8,85	43,10
4,0	8,30	72,05	10,15	69,70	11,40	54,50
3,0	5,75	77,80	4,75	74,45	10,20	64,70
2,0	7,55	85,35	5,65	80,10	12,10	76,80
1,5	7,30	92,65	2,90	83,00	4,75	81,55
1,0	3,60	96,25	3,80	86,80	5,80	87,35
0,8	1,50	97,75	1,20	88,00	2,25	89,60
0,6	0,75	98,50	1,55	89,55	2,35	91,95
0,5	0,35	98,85	1,10	90,65	0,80	92,75
0,4	0,60	99,45	1,95	92,60	1,00	93,75
0,3	0,55	100,00	1,60	94,20	1,20	94,95
			5,80	100,00	5,05	100,00

TABELA 11 - VALORES PERCENTUAIS DOS PRINCÍPIAIS ELEMENTOS QUÍMICOS DA POEIRA COLETADA NO MEIO AMBIENTE NA EMPRESA Y

- Resultados obtidos por detecção fotométrica por gravidade e centrifugação no laboratório do DNPM - São Paulo.

* Valores em negrito correspondente a poeira respirável

4.2.1.2. Para os trabalhadores

Local e data	Concentração de Poeira (mg/m ³)	Limite de Tolerância (mg/m ³) LT
Operador de Britagem Primário Abril/2002 e Setembro/2002	3,18	1,70
	2,45	2,00
	2,45	2,00
	1,81	1,70
	0,80	1,60
	0,73	1,50
	0,85	1,63
Britagem Secundária Abri/2002 e Setembro/2002	2,79	2,10
	1,39	1,56
	1,07	1,23
	1,81	1,70
	2,10	1,86
	2,15	1,86
	2,67	2,10

LT = 8 / %quartzo+2 (mg/m³)

TABELA 12 - CONCENTRAÇÃO DE POEIRA RESPIRÁVEL NO AMBIENTE DE TRABALHO E COMPARATIVO COM LIMITE DE TOLERÂNCIA NA EMPRESA Y

4.2.2. Ruído

Local	Valor dB(A)	Tempo de Exposição
Britador Primário	95	8:30 h
Pátio (manutenção)	87	8:30 h
Martelo pneumático	102	8:30 h
Pá carregadeira	96	8:30 h
Caminhão	88	8:30 h
Residências (valor médio)	61	—

LT = 85 dBA para 8 horas

TABELA 13 – VALORES DO NÍVEL DE PRESSÃO SONORA PARA O AMBIENTE DE TRABALHO E MEIO AMBIENTE NA EMPRESA Y

CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS (VENTO)

- Direção predominante: SE para NW
- Velocidade média: 1,7 m/s

As medições nas empresas X e Y foram realizadas durante os meses de agosto de 2001, abril de 2002 e setembro de 2002, em dias de estiagem e respeitando-se que não tenha havido chuva, pelo menos nos três últimos dias que antecederam a realização dos trabalhos.

4.3 – EMPRESA Z (GNAISSE)

4.3.1 Poeira

4.3.1.1 – Para o trabalhador

Local e data	Concentração de Poeira (mg/m ³)	Limite de Tolerância (mg/m ³) LT
Britagem Primária Outubro e Novembro / 2002	5,20	0,95
	3,60	0,65
	2,60	0,53
Britagem Secundária Outubro e Novembro / 2002	0,28	0,82
	0,85	0,75
	0,27	0,57
Carregamento Outubro e Novembro/2002	0,56	1,26
	0,45	0,62
	0,48	0,64

$$LT = 8 / \%quartzo + 2 \text{ (mg/m}^3\text{)}$$

TABELA 14 – CONCENTRAÇÃO DE POEIRA RESPIRÁVEL NO AMBIENTE DE TRABALHO E COMPARATIVO COM LIMITE DE TOLERÂNCIA NA EMPRESA Z

Para a empresa Z adotou-se os mesmos critérios com relação às condições meteorológicas, ou seja, as medições foram efetuadas em períodos de estiagem.

4.4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.4.1 Condições Sócio Econômicas dos Trabalhadores na Área Estudada

A forma de abordagem sobre acidente e doenças do trabalho é em geral sempre tratada pelo lado dos dispositivos legais e técnicas preventivas ou corretivas. De acordo com COLETA (1991), não se pode simplesmente isolar o ambiente de trabalho para análise, ignorando a situação a que os trabalhadores estão expostos, incluindo a própria organização como um todo e o meio social que os cercam. Questões como instabilidade no trabalho, fatores psicológicos, más condições de habitação são variáveis relacionadas com o assunto.

PESSOA (1992) formula a hipótese do acidente do trabalho estar diretamente relacionado à problemática do trabalhador brasileiro, em face da sociedade atual, e questiona: “A falta de habilidade profissional (pela ausência de

treinamento), de condições físicas (provocada, quase sempre, pela desnutrição e por doenças) levariam o trabalhador a acidentar-se com tanta frequência?”.

Por outro lado poder-se-ia acrescentar como fatores agravantes, a falta de instalações de equipamentos e materiais adequados, além de uma atitude generalizada de baixa valorização da vida e do próprio trabalho em si.

O resultado deste trabalho é fruto de levantamento efetuado através de entrevistas realizadas diretamente com os trabalhadores, por meio de questionário, construído com base no instrumento utilizado pela Fundacentro em “Pesquisa sobre Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção em Curitiba e Região Metropolitana”, devidamente avaliado em sua pertinência, com comprovada condições de aplicabilidade. Para atingir o objetivo proposto efetuou-se entrevistas com mais de 50% dos trabalhadores do setor, que atuam em diversas funções.

A figura 21 mostra que a faixa etária dos trabalhadores entrevistados se situa, predominantemente, entre 31 e 40 anos. Este perfil se mantém independente do porte da empresa. Comparando com estudos sobre acidentes do trabalho, esta é a faixa onde ocorrem números significantes de acidentes. Todos os entrevistados eram do sexo masculino e não foi constatada a presença de menores.

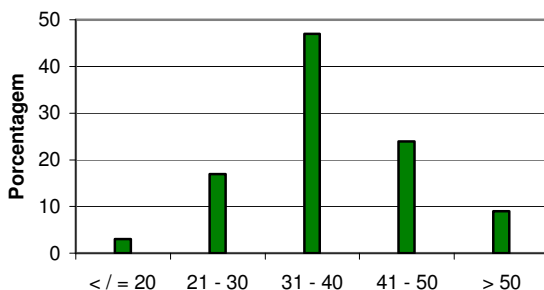


FIGURA 21 – FAIXA ETÁRIA DOS TRABALHADORES ENTREVISTADOS

Com relação ao estado civil o levantamento nos revela que em sua grande maioria os trabalhadores são casados, ou seja em torno de 62%.

A procedência foi levantada com relação ao Estado e Município. Constatou-se que a maioria dos trabalhadores são originários da própria região. Uma pequena

minoria tem como origem outros Estados da federação, com apenas 4%, grande parte, em torno de 58% é da própria região e 38% do próprio estado.

Quanto à moradia pode-se observar, que a maioria reside em casa própria. Os trabalhadores consideram esse aspecto de grande importância, devido a situação de renda não ser conciliável com o pagamento de aluguel.

Com referência ao número de pessoas que dividem a mesma moradia, os dados mostram um equilíbrio nas faixas entre 0 a 3 e 4 a 6 hab/moradia. O percentual de dependentes, entre os trabalhadores entrevistados, tem uma representatividade de aproximadamente 80%, por domicílio.

O reduzido grau de escolaridade é uma realidade. A figura 22 mostra a distribuição dos operários segundo o nível de estudo. Pode-se considerar que parte dos trabalhadores que responderam primeiro grau incompleto (60%) supõe-se, na verdade, serem analfabetos. Apenas 20% afirmaram ter concluído o primeiro grau, enquanto 5% responderam que possuíam o segundo grau incompleto. É um fato preocupante, pois interfere no treinamento/educação com respeito as medidas preventivas sobre segurança e saúde do trabalho e na própria habilitação para a função.

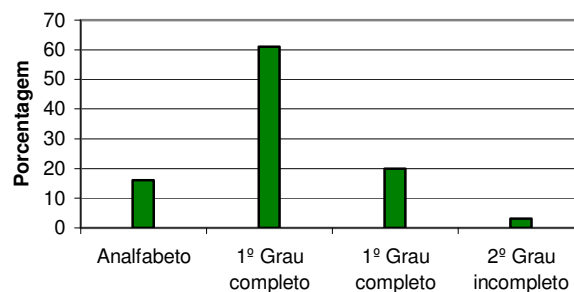


FIGURA 22– GRAU DE ESCOLARIDADE DOS TRABALHADORES ENTREVISTADOS

Ao questionar sobre o tempo de trabalho na empresa, verifica-se um certo equilíbrio entre os de 1 a 3 anos e de 4 a 10 anos, com 68% dos entrevistados. Vale salientar que apenas 14% do total dos trabalhadores ouvidos, afirmaram ter recebido

qualquer treinamento para executar sua função; este valor sobe para 30% nas empresas de médio porte.

Entre os trabalhadores que não tiveram treinamento, a afirmação é que o receberam dos colegas de trabalho.

De uma forma geral a carga horária diária varia de 8 a 9 horas, e nenhum entrevistado declarou ter outra atividade paralela, o que deve refletir em parte as condições de trabalho de alta intensidade. A grande maioria vai para as minerações a pé ou de bicicleta.

Indagados se conheciam algum risco que sua atividade poderia acarretar sobre a sua saúde, praticamente a metade ignora este fato, conforme mostra a figura 23. A outra metade que respondeu afirmativamente destacou a poeira, ruído e calor como os principais. Apenas 33% reconheceram a existência de riscos de acidentes.

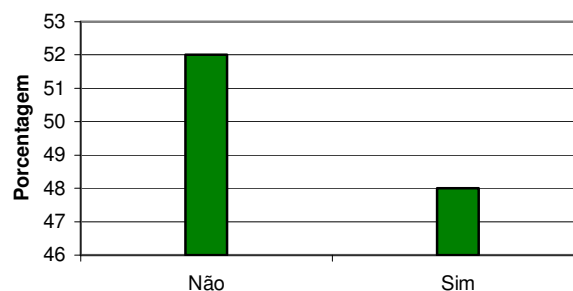


FIGURA 23 – CONHECIMENTO DOS RISCOS DA FUNÇÃO PELOS TRABALHADORES ENTREVISTADOS

Foi investigado se os trabalhadores já tinham sido afastados do serviço por motivo de doença e/ou acidente de trabalho, conforme exhibe a figura 24. Dentre os que deram resposta positiva podem-se destacar bronquite, pneumonia e gripe forte com percentual de 67%. O restante, ou seja, 33% citaram o acidente de trabalho como motivo.

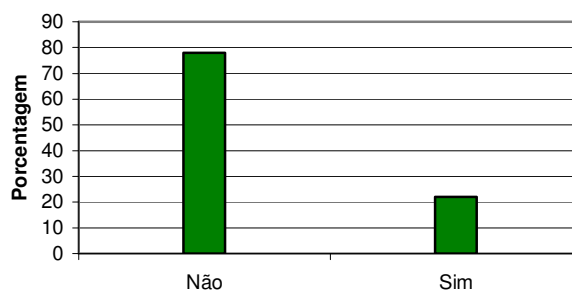


FIGURA 24 – LICENÇA MÉDICA DOS TRABALHADORES NOS ÚLTIMOS 12 MESES

Considerando aqueles que afirmaram já ter sofrido algum acidente de trabalho, os principais motivos alegados foram: cortes, quedas, amputação de membros superiores/inferiores. As empresas de médio porte apresentaram o maior percentual de respostas afirmativas.

Questionados se conheciam algum colega de trabalho que sofreu acidente, quase 50% responderam que sim, sendo este um motivo para que tivessem maior precaução no exercício das atividades.

Sobre o consumo de bebida alcoólica a figura 25 mostra que praticamente 40% mantêm este hábito diariamente. O presente estudo considerou inclusive a ingestão em pequena quantidade. Muitos deles justificavam que “tomavam um trago para limpar a poeira”.

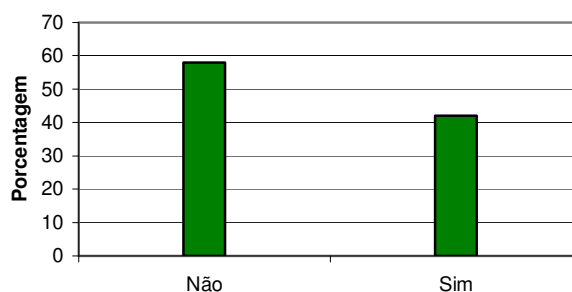


FIGURA 25 – CONSUMO DE BEBIDA ALCÓLICA PELOS TRABALHADORES ENTREVISTADOS

Questionados sobre alguma queixa de distúrbios respiratórios 77% negaram qualquer anomalia, ao passo que 23% apresentaram algum tipo de reclamação, conforme a figura 26. As anomalias descritas foram bronquite e início de pneumonia. Dentre os entrevistados 49% são fumantes.

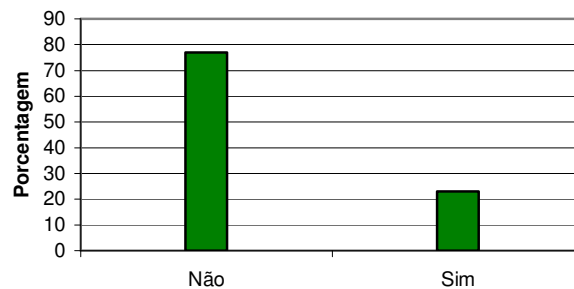


FIGURA 26 – PROBLEMAS RESPIRATÓRIOS COM OS TRABALHADORES ENTREVISTADOS

Com referência ao problema auditivo a figura 27 mostra que 89% afirmaram não sentir qualquer alteração, enquanto 11% responderam positivamente. É preocupante uma colocação várias vezes repetida pelos entrevistados: “ estamos acostumados com o barulho”.

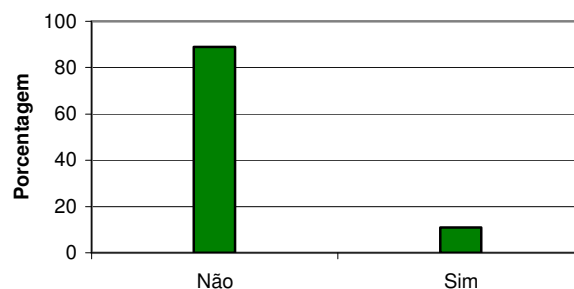


FIGURA 27 – PROBLEMAS AUDITIVOS COM OS TRABALHADORES ENTREVISTADOS

Sobre o fornecimento de Equipamento de Proteção Individual – EPI, pelas empresas, a figura 28 exibe os valores coletados. Entre os entrevistados, 60% afirmaram recebê-los e 40% responderam negativamente. Estes valores são alterados para as pequenas empresas, quando a negativa aumenta para 50%. Dentre os equipamentos recebidos foram destacados: bota, máscara e, em segundo plano, capacete e protetor auricular. Para os trabalhadores que receberam EPI, 43% afirmaram não ter recebido qualquer instrução sobre o uso adequado dos equipamentos. Ao se indagar os trabalhadores se eles o utilizavam 50% responderam que sim. Porém, durante as visitas foi observado que apenas 30% utilizavam EPI.

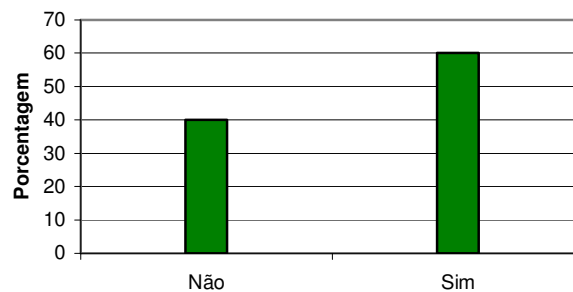


FIGURA 28 – RESPOSTA DOS TRABALHADORES QUANTO AO FORNECIMENTO DE EPI PELAS EMPRESAS

É extremamente preocupante que na maioria das vezes sempre se ouve, por parte de chefias e proprietários, que para solucionar as questões referentes a segurança no trabalho faz-se necessário alterar o comportamento do trabalhador, não sendo citada as questões referentes a organização do trabalho, ou seja, ritmo de produção conveniente, pausas no trabalho satisfatórias, jornada de trabalho excessiva, qualidade e treinamento para o uso com relação aos EPI's fornecidos, ausência de EPC's, além de outras variáveis.

4.4.2 Avaliações Ambientais

Antes de se discutir sobre os resultados obtidos nas avaliações ambientais, faz-se necessário descrever o processo de trabalho das empresas avaliadas, pois os mesmos têm influência nos valores encontrados. As condições de operação de uma pedreira não são constantemente estáveis, podendo ser afetada por variação na demanda e alimentação na britagem. Qualquer problema em um dos equipamentos, prejudica o desempenho dos demais que compõem um circuito de britagem. Portanto, as concentrações de material particulado podem variar num mesmo dia e de um dia para o outro.

A produção de brita, após o desmonte da rocha, é realizada pelo processo de britagem, rebritagem, peneiramento, distribuição em pilhas de acordo com a granulometria e transporte do material para seu destino.

A Empresa X produz brita a partir do basalto, possui 40 funcionários e tem uma produção média de 10.000 m³/mês. A britagem apresenta o seguinte fluxo: um britador primário de mandíbula FAÇO 100x60 → um britador secundário giratório FAÇO 13x36 → um britador terciário giratório FAÇO H4000MC, existindo 04 pontos de peneiramento.

O sistema de controle de poeira é realizado com bicos de aspersão d'água no britador primário e nos pontos de descarga das correias transportadoras. A empresa não efetua a umectação das vias de trânsito e pátios de manobra.

A Empresa Y também utiliza basalto, possui 27 funcionários e apresenta uma produção média mensal de 3000 m³. Sua capacidade instalada é de 4500 m³/mês com os seguintes equipamentos: 01 britador primário de mandíbula FAÇO 62x40 → 01 rebritador de mandíbula FAÇO 90x26 → 01 britador cônico 90 FAÇO, intercalados por 03 pontos de peneiramento. O controle da poeira era efetuado de forma “primitiva”, ou seja, com apenas um ponto de umidificação na transferência da correia transportadora, tendo sido implantadas algumas melhorias durante o decorrer do trabalho.

A empresa Z produz em média 20.000 m³/mês de brita a partir do gnaíse. Conta atualmente com 24 funcionários e sua planta de britagem apresenta o seguinte fluxo: um britador primário Svedala, Jawmaster 11.08.HD → um britador secundário (Hydrocone) S.3000 → um britador terciário (Hydropone) H.3000 → um britador quaternário Barmac 6.000. O controle de poeira é efetuado com bicos aspersão d'água nos britadores, nas correias transportadoras e pontos de descarga. A empresa utiliza um caminhão pipa para umectação das vias de acesso internas.

4.4.2.1 Agentes ambientais para o meio ambiente

4.4.2.1.1. Ruído

Pode-se observar que os valores encontrados, ou seja, 58 dB para a Empresa X e 61dB para a Empresa Y, não representam problemas para a população circunvizinha aos empreendimentos. Comparados aos critérios estabelecidos pela Portaria N° 92/80 do Ministério do Interior, que estabelece 70 dB como valor limite, os valores medidos são considerados aceitáveis.

4.4.2.1.2. Poeira

Para as partículas respiráveis, dos valores obtidos na Empresa X, apenas um deles encontra-se no limite estabelecido pela legislação, ou seja, Resolução 03/90 do CONAMA que estabelece 50 µg/m³. Todos os outros superam o determinado por essa Resolução. Com relação à Empresa Y todos os valores encontram-se acima do padrão estabelecido.

Observa-se que os valores obtidos na Empresa X são inferiores aos representativos da Empresa Y, mesmo sendo a produção de X superior a apresentada

pela Y. Voltamos a salientar que o sistema de umectação na Empresa X apresenta melhores critérios técnicos que o sistema da Empresa Y. Na Empresa X é realizada a umectação do material a ser britado ainda no caminhão basculante por meio de mangueira flexível, efetuada pelo próprio motorista. Existem bicos aspersores d'água sobre pressão no britador primário e nos pontos de transferência, em todo sistema de britagem. Observou-se a ausência de umectação das vias de trânsito e pátio internos, nas duas empresas.

A queda dos valores relativos a Empresa Y deve-se ao fato da alteração efetuada no sistema de umectação. Nas primeiras medições existia apenas um bico aspersor d'água, instalado sem critério técnico, na extremidade da correia transportadora na saída do britador primário. Posteriormente foram instalados outros pontos de umectação no circuito de britagem, sendo um para umectar o material ainda no caminhão, por meio de um cano de PVC perfurado e outro na alimentação do britador primário com dois bicos para saída d'água. Porém essas medidas implantadas não foram suficientes para uma diminuição satisfatória na concentração da poeira, por não obedecerem critérios técnicos relevantes.

Para partículas totais em suspensão as duas empresas apresentam todos os valores acima do permitido pela Resolução 03/90 do CONAMA, que estabelece como limite $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Porém os valores obtidos na Empresa X encontram-se mais próximos aos limites estabelecidos na legislação, que aqueles apresentados pela Empresa Y. Os mesmos comentários citados para partículas respiráveis justificam os valores obtidos para este tipo de partícula.

Observa-se que, conforme mostrado nas tabelas 07 e 11e nas figuras 29 e 30, mais de 60% da sílica presente na poeira coletada pelo *High Volume*, nas empresas X e Y, encontram-se abaixo de 10μ , ou seja, valor considerado como poeira respirável. Dependendo da quantidade total de sílica na poeira esse valor poderá ser significativo, apresentando risco à saúde dos moradores vizinhos as empresas.

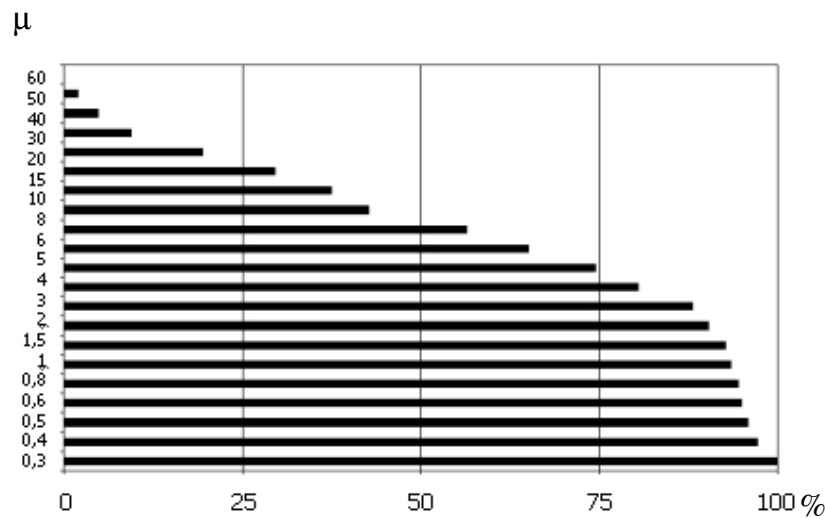


FIGURA 29 – VALORES PERCENTUAIS ACUMULADOS DE SiO₂ DE ACORDO COM O TAMANHO DAS PARTÍCULAS NA EMPRESA X

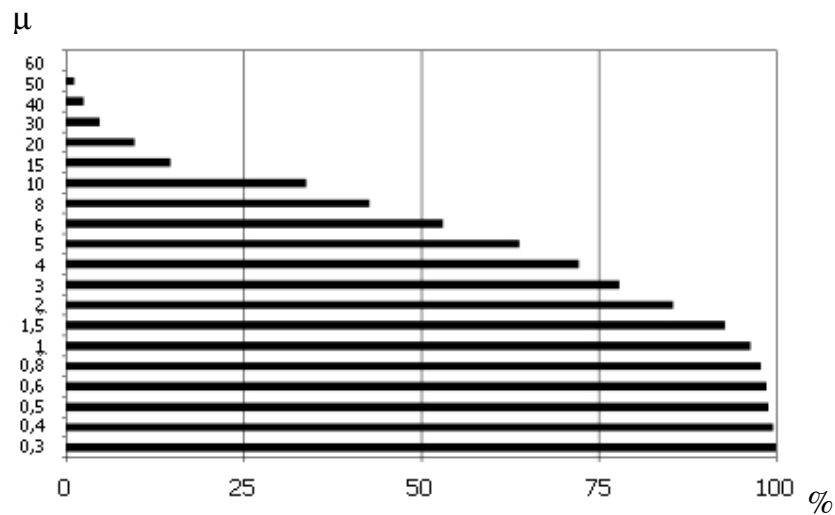


FIGURA 30 – VALORES PERCENTUAIS ACUMULADOS DE SiO₂ DE ACORDO COM O TAMANHO DAS PARTÍCULAS NA EMPRESA Y

Além da quebra da rocha pelos britadores e peneiramento, um dos pontos mais relevantes na emissão de material particulado, localiza-se na movimentação de máquinas e caminhões nas vias de trânsito e pátio de manobras. Outros fatores importantes na geração de pó destacam-se: ausência de manutenção dos

equipamentos de controle e a não utilização desses equipamentos de forma contínua, durante toda jornada de trabalho, altura na queda do material entre a correia transportadora e a pilha de armazenagem, sendo maior nos materiais mais finos.

4.4.2.2. Agentes ambientais para os trabalhadores

4.4.2.2.1. Ruído

Todos os valores obtidos para este agente apresentam-se acima do limite padrão estabelecido pela NR-15 MTE anexo nº1, considerando-se o tempo de exposição. Os trabalhadores estão expostos a um risco potencial que poderá causar problemas no sistema auditivo.

Observou-se a pouca preocupação no que tange a proteção dos trabalhadores por meios de proteção coletiva (EPC's) como isolamento do trabalhador em relação à fonte geradora de ruído; além da devida manutenção dos equipamentos e lay-out.

Com relação aos equipamentos de proteção individual (EPI's) constatamos o seu fornecimento por parte de algumas empresas. Entretanto, a qualidade dos equipamentos e a adequação dos mesmos para a função não são respeitadas, além do que a maioria dos trabalhadores não os utiliza de forma correta. Neste sentido, cabe à empresa melhorar a qualidade dos EPI's fornecidos, instruir os trabalhadores para o uso adequado, bem como torná-lo obrigatório. Vale lembrar que a melhor maneira para que as pessoas aceitem as condições de segurança e higiene do trabalho, continua sendo a sua educação contínua sobre o assunto.

Vale insistir que antes da empresa optar pela adoção do EPI deverá adotar medidas de proteção coletiva, que possam eliminar as ações dos riscos ou agentes ambientais presentes nos locais de trabalho.

4.4.2.2.2. Poeira

Com referência a concentração de poeira respirável para os trabalhadores consideramos dois aspectos: o Limite de Tolerância estabelecido pela Norma Regulamentadora - NR15, e o Nível de Ação que é contemplado na NR – 09, ambas do Ministério do Trabalho e Emprego –MTE (BRASIL, 2002_b). O Nível de Ação (N. A) é definido como “o valor acima do qual devem ser iniciadas ações preventivas de forma a minimizar a probabilidade de que as exposições a agentes ambientais ultrapassem os limites de exposição. As ações devem incluir o monitoramento periódico da exposição, a informação aos trabalhadores e o controle médico”.

O nível de ação corresponde a 50% do Limite de Tolerância, sendo variável para cada amostra coletada, pois o Limite de Tolerância depende do percentual de sílica livre amostrado na poeira. A figura 31 apresenta os valores amostrados nas três empresas estudadas.

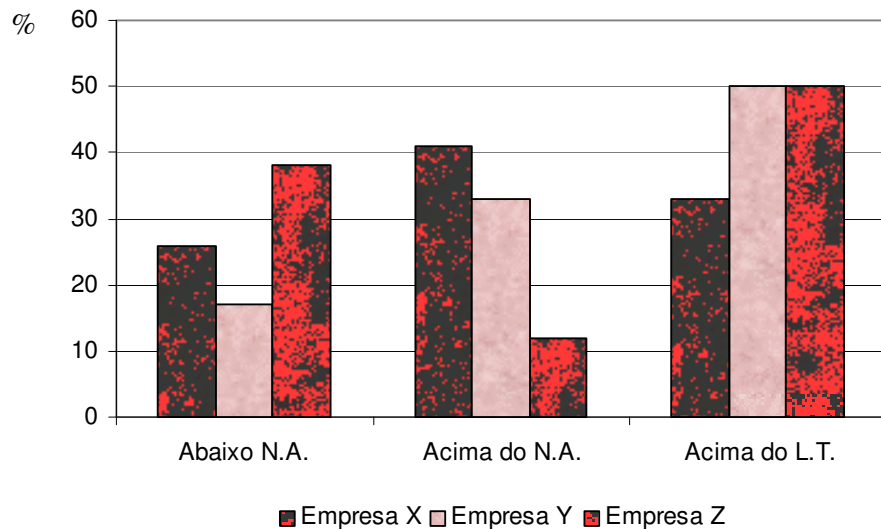


FIGURA 31 – PERCENTUAIS DOS VALORES OBTIDOS NA POEIRA RESPIRÁVEL PARA AS EMPRESAS X, Y E Z

Analisando os valores obtidos pode-se observar, conforme mostra a figura 31, que a Empresa X apresenta 33% desses valores acima do Limite de Tolerância e 41% acima do Nível de Ação, porém abaixo do L.T.

Com relação a Empresa Y 50% dos valores medidos ultrapassaram o Limite de Tolerância, enquanto 33% superaram o Nível de Ação, situando-se porém abaixo do L.T., como apresentado na figura 31. Portanto, também para este parâmetro os valores da Empresa X encontram-se em níveis mais baixos que os constatados na Empresa Y.

Para os valores obtidos na Empresa Z, de acordo com o exposto na figura 31, 50% encontram-se acima do Limite de Tolerância, com 12% mostrando-se acima do Nível de Ação e abaixo do L.T. Os valores acima do L.T. foram detectados em sua maioria no ponto de medição correspondente ao britador primário.

4.4.3. Análises Químicas e Petrográficas das Amostras das Frentes de Lavra

4.4.3.1. Análise química

Observando-se a distribuição do SiO_2 nas amostras, conforme apresentado na tabela 15, pode-se visualizar que ela apresenta uma certa simetria para as amostras correspondentes ao basalto (empresas X e Y) e para o diabásio (empresa Z), mostrando valores em torno de 50%. O valor apresentado para o gnaiss se diferencia por uma quantidade maior, atingindo uma porcentagem de aproximadamente 68%. Não significa porém que todo SiO_2 é livre. Para o Fe_2O_3 os valores apresentam uma certa regularidade nas três primeiras amostras, apresentando para o gnaiss um valor bem inferior aos demais. O mesmo ocorrendo para o CaO e MgO .

O percentual de SiO_2 livre na porção da poeira respirável, ou seja, menores que 10μ coletada junto aos trabalhadores, apresentou no derrame basáltico valores que variam de 1,0 a 3,8%, provavelmente, proveniente do preenchimento das amígdalas do topo do derrame ou da ruptura da rocha na britagem. A presença de

alguns grãos de quartzo disseminados é bastante comum em rochas basálticas toleíticas. Para o gnaiss os valores de SiO₂ tiveram uma variação de 8,6 a 13,0 %.

Para a comparação com outros estudos tomou-se como base RUEGG (1969), cujos resultados são mostrados na tabela 16:

%	EMPRESA X BASALTO	EMPRESA Y BASALTO	EMPRESA Z DIABÁSIO	EMPRESA Z GNAISSE
SiO ₂	50,107	50,447	47,296	67,763
Na ₂ O	2,369	2,465	2,391	3,038
K ₂ O	1,201	0,933	0,976	4,782
MgO	4,887	5,331	5,031	0,634
CaO	9,047	9,550	9,057	3,143
TiO ₂	2,472	2,392	2,391	0,941
MnO	0,219	0,216	0,191	0,125
Fe ₂ O ₃	16,011	14,861	15,372	6,313
Al ₂ O ₃	11,920	12,257	13,432	12,024
P ₂ O ₅	0,277	0,247	0,314	0,306
P.F.	1,089	1,169	1,363	1,057
Total	99,599	99,868	97,412	100,126

- Resultados obtidos pelo método de fluorescência de Raio-x no laboratório da UFPR

TABELA 15 - ANÁLISE QUÍMICA, PERCENTUAL MÉDIO, DO BASALTO, DIABÁSIO E GNAISSE PROVENIENTE DAS DIFERENTES EMPRESAS

%	BASALTO	BASALTO	BASALTO	DIABÁSIO	DIABÁSIO	DIABÁSIO
SiO ₂	48,38	40,00	47,00	45,40	46,50	47,00
Na ₂ O	4,74	2,46	3,00	1,13	1,66	2,79
K ₂ O	1,50	1,24	1,13	0,52	0,98	1,66
MgO	3,53	3,57	4,50	5,26	5,60	3,38
CaO	7,98	7,19	8,30	8,24	8,50	7,91
TiO ₂	2,58	3,30	3,70	4,10	3,10	3,50
MnO	Traços	0,16	0,29	—	0,12	0,21
Fe ₂ O ₃	17,10	11,64	14,80	16,60	16,50	14,08
Al ₂ O ₃	10,42	17,11	13,60	14,31	16,00	15,84
P ₂ O ₅	1,04	0,59	0,47	0,95	0,45	0,66

TABELA 16 – DADOS DE ESTUDOS ANTERIORES RELATIVOS À COMPOSIÇÃO QUÍMICA PERCENTUAL DO BASALTO E DIABÁSIO, PARA A MESMA REGIÃO EM ESTUDO.

Fonte: RUEGG (1969)

Efetuando um comparativo entre os elementos destacados pode-se constatar que os valores são compatíveis entre o presente estudo e o que foi usado como referência.

4.4.3.2 Análise petrográfica

Depois das análises químicas, foram analisadas 15 lâminas petrográficas das amostras para determinação dos litotipos, sendo confirmados basaltos nas empresas X e Y, diabásio e gnaiss na Empresa Z.

Os basaltos mostraram coloração cinza-escuro, granulação fina (0,3mm), apresentando plagioclásios (labradoritas) 45%, piroxênios (augitas) 40%, opacos (principalmente magnetita) 10% e uma pequena porcentagem de argilo-minerais (celadonita) 5% como produto de alteração dos minerais que constituem a rocha. Os plagioclásios possuem hábito subédrico a euédrico ripiforme, enquanto que os piroxênios hábito anédrico. Rocha de textura subofítica, e estrutura maciça, de origem vulcânica, de magma básico com duas fases de cristalização, sendo a primeira caracterizada pela cristalização da fase principal do piroxênio e do plagioclásio, e a segunda fase pela alteração dos minerais para argilo-mineral. Conforme mostram as figuras 32 a 35.

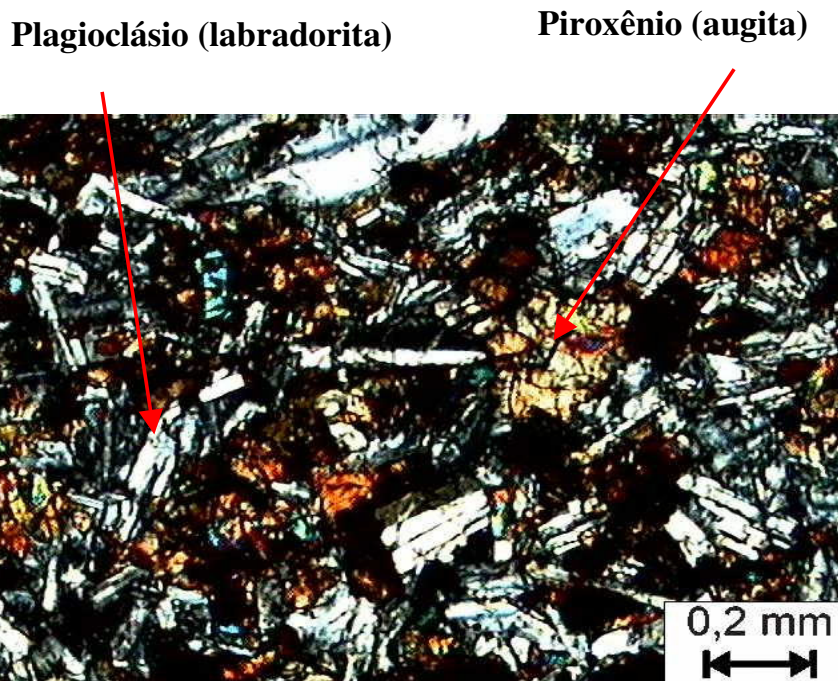


Imagem produzida em luz polarizada, com os nicóis cruzados.

FIGURA 32 – IMAGEM MICROGRÁFICA DA AMOSTRA DO BASALTO - EMPRESA X

Plagioclásio (labradorita)

Piroxênio (augita)

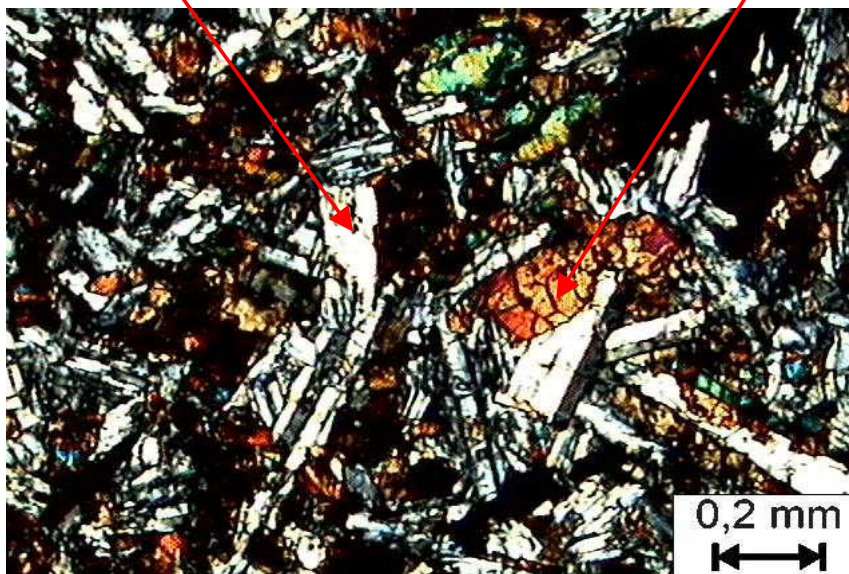


Imagem produzida em luz polarizada, com os nicóis cruzados.

FIGURA 33 – IMAGEM MICROGRÁFICA DA AMOSTRA DO BASALTO - EMPRESA X

Plagioclásio (labradorita)

Piroxênio (augita)

Opacos

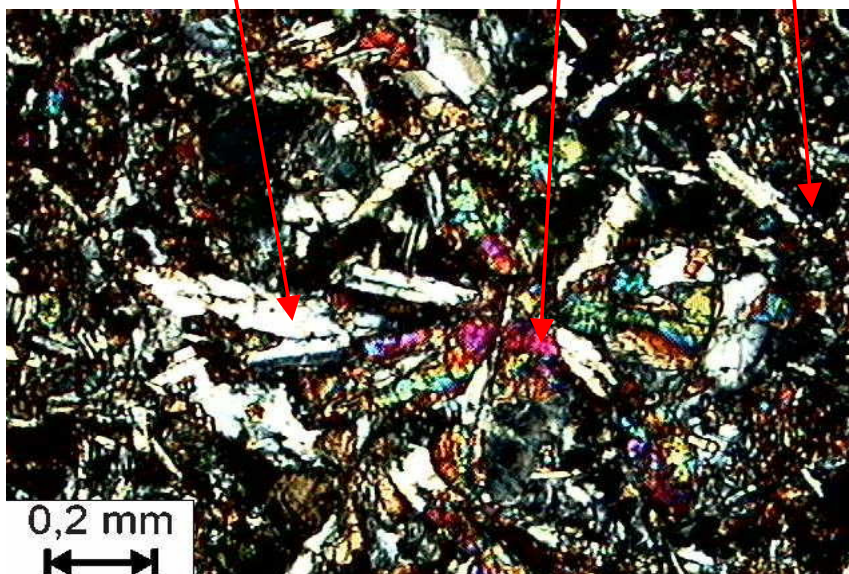


Imagem produzida em luz polarizada, com os nicóis cruzados.

FIGURA 34 – IMAGEM MICROGRÁFICA DA AMOSTRA DO BASALTO - EMPRESA Y

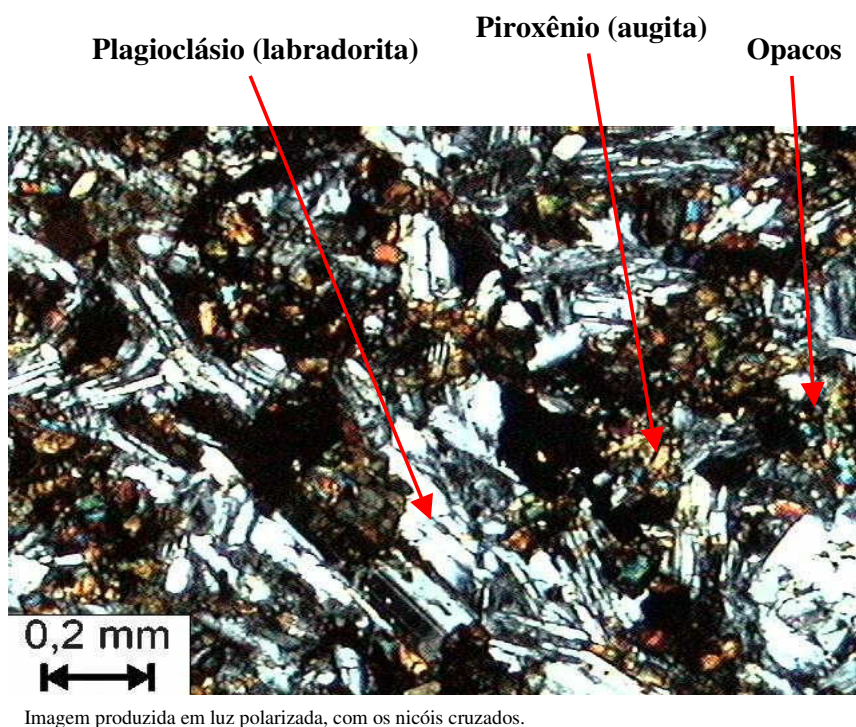


FIGURA 35– IMAGEM MICROGRÁFICA DA AMOSTRA DO BASALTO -EMPRESA Y

Os diabásios possuem coloração cinza-esverdeado, granulação fina (1mm) aproximadamente, apresenta plagioclásios (labradorita) 45%, piroxênios (augitas) 40%, anfibólio (hornblenda) 5%, opacos (magnetita) 8% e argilo-mineral traços, como produto de alteração. Textura subofítica e estrutura maciça. Os plagioclásios possuem hábito subédrico a euédrico ripiforme, e os piroxênios e anfibólios possuem hábito anédrico. Rocha de origem vulcânica, magma básico, com duas fases de cristalização. A primeira é caracterizada pela cristalização da fase principal do piroxênio, plagioclásio e dos anfibólios, e a segunda fase pela alteração dos minerais para argilo- mineral. A figura 36 mostra a mineralogia da rocha.

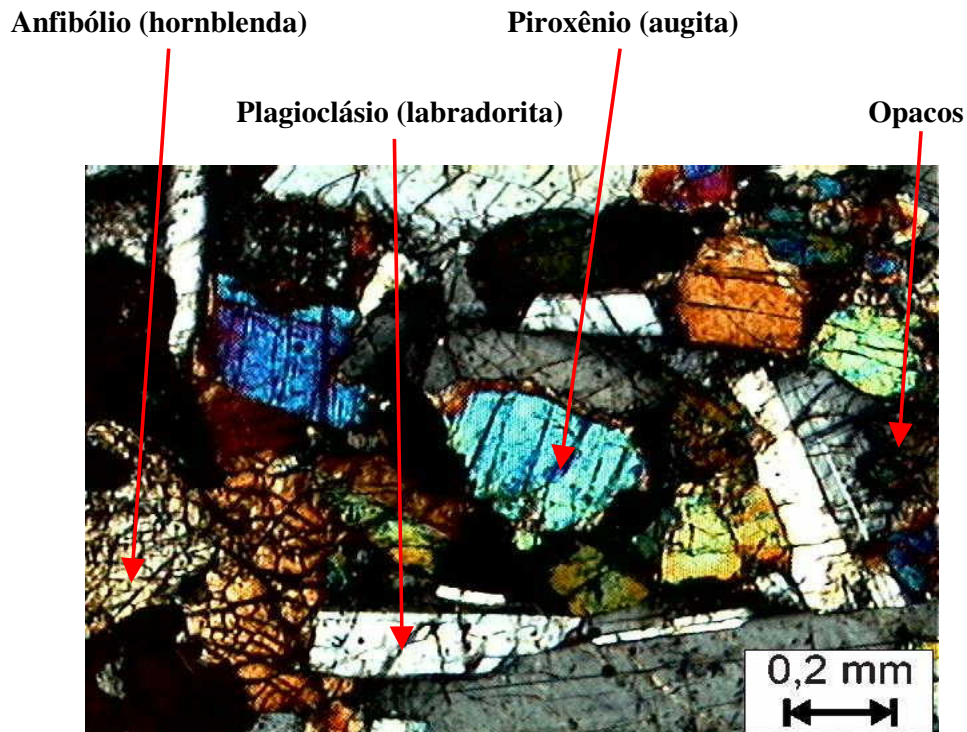


Imagem produzida em luz polarizada, com os nicóis cruzados.

FIGURA 36 – IMAGEM MICROGRÁFICA DA AMOSTRA DO DIABÁSIO - EMPRESA Z

O gnaiss possui coloração cinza-claro, granulação média (0,5cm) aproximadamente, apresenta plagioclásio (oligoclásio) 20%, quartzo 20%, feldspato potássico (microclínio) 15%, anfibólio (hornblenda 15% e actinolita 3%), biotita 7%, opacos 7%, piroxênio (diopsídio) 5%, argilo-mineral 3%, clorita (traços) e epidoto (traços). Apresenta textura granoblástica, e um bandamento gnáissico (Sn) definido pela alternância de níveis cinza-claro e níveis brancos.

Os plagioclásios possuem hábito subédrico ripiforme, com algumas inclusões de quartzo, e encontram-se associados aos quartzos formando os níveis brancos; os quartzos possuem hábito anédrico; os feldspatos potássicos possuem

hábito subédrico, e encontram-se entre os níveis; os anfibólios possuem hábito anédrico e encontram-se associados aos piroxênios, formando os níveis cinza-claro.

As biotitas, cloritas e os anfibólios actinolita possuem hábito anédrico e apresentam orientação paralela ao bandamento. A rocha apresenta um grau incipiente de alteração para argilo-mineral. A origem seria de rocha ígnea ácida que sofreu pelo menos dois processos de metamorfismo, o primeiro é de alto grau da fácies anfibolito, caracterizado pela paragênese (diop+olig+horn+qzo+bio), que originou um bandamento gnáissico (Sn) definido pela alternância de níveis cinza-claro e níveis branco; o segundo é caracterizado por um processo de retrometamorfismo de baixo grau da fácies xisto verde, zona da clorita, definido pela paragênese (clor+epid+actin). A figura 37 apresenta alguns minerais que constituem o gnaiss.

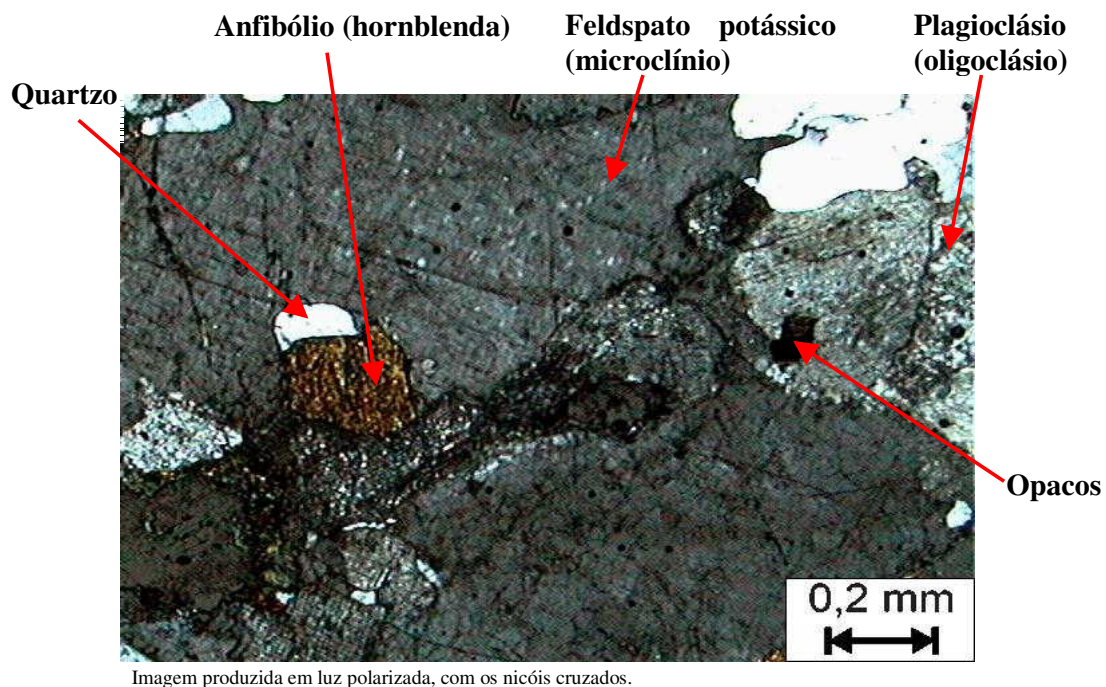


FIGURA 37 – IMAGEM MICROGRÁFICA DA AMOSTRA DO GNAISSE - EMPRESA Z

4.4.4. Morfologia e Tamanho das Partículas na Poeira

4.4.4.1. Morfologia das partículas

Para análise da morfologia das partículas respiráveis, coletadas junto aos trabalhadores, foram utilizados três parâmetros: análise de imagens micrográficas obtidas no MEV, razão entre diâmetro máximo e mínimo e índice de angulosidade das partículas.

Analisando 60 imagens micrográficas pode-se constatar, para o basalto, que as partículas apresentam-se subédricas a euédricas, com faces bem definidas e pouco fraturadas. Comparando-se com a poeira relativa ao gnaisse observa-se que há uma diferença tanto na morfologia, quanto no hábito, já que as partículas de gnaisse em sua maioria apresentam-se anédricas, fibrosas, mais fragmentadas e com forma mais irregular, conforme exemplificado nas figuras 38 – 49 .

FIGURA 38 – IMAGEM DA POEIRA DE BASALTO - A.

Poeira da pedreira de basalto, onde constata-se uma variação acentuada no tamanho das partículas, com hábito subédrico
(Imagem obtida pelo MEV - LACTEC)

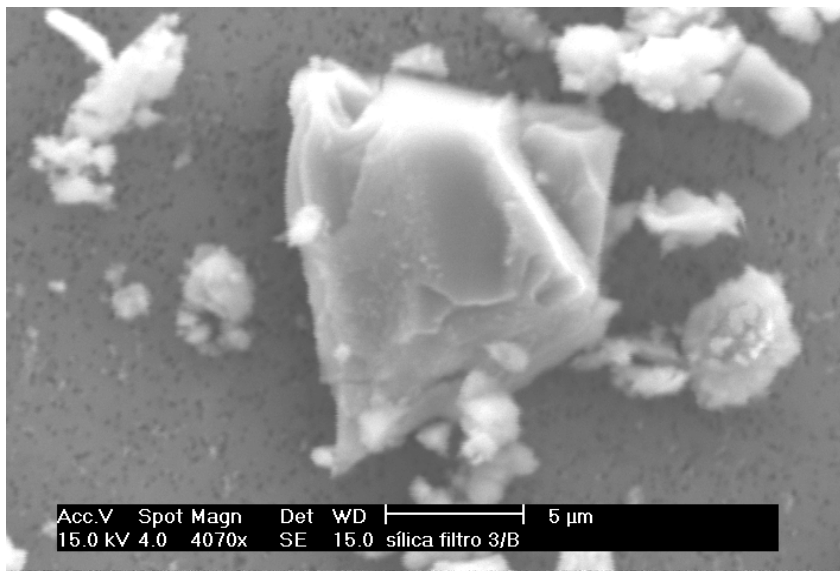
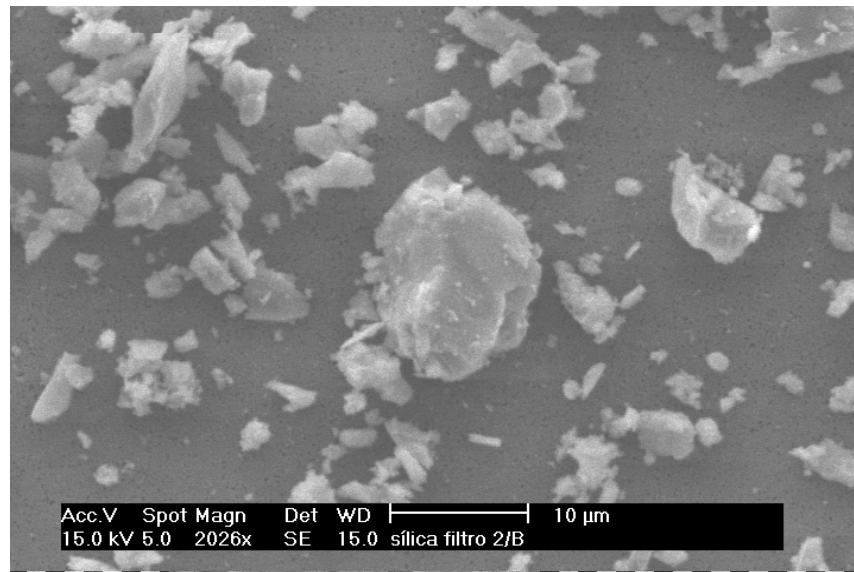
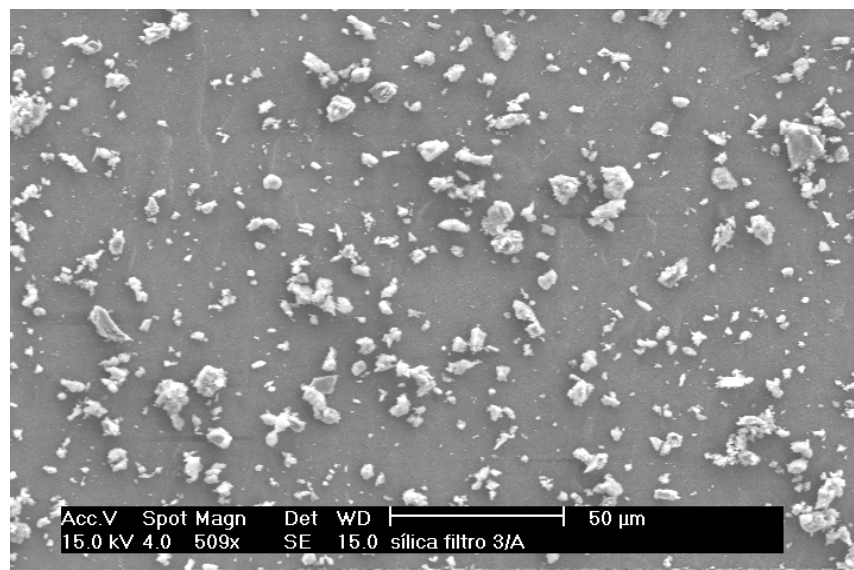


FIGURA 39 – IMAGEM DA POEIRA DE BASALTO - B.

Poeira da pedreira de basalto, onde a partícula maior apresenta-se subédrica, pouco fraturada.
(Imagem obtida pelo MEV - LACTEC)

FIGURA 40 – IMAGEM DA POEIRA DE BASALTO - C.

Poeira de pedreira de basalto, com partículas de piroxênio e plagioclásio, de granulação muito fina, com hábito subédrico a euédrico.
(Imagem obtida pelo MEV - LACTEC)



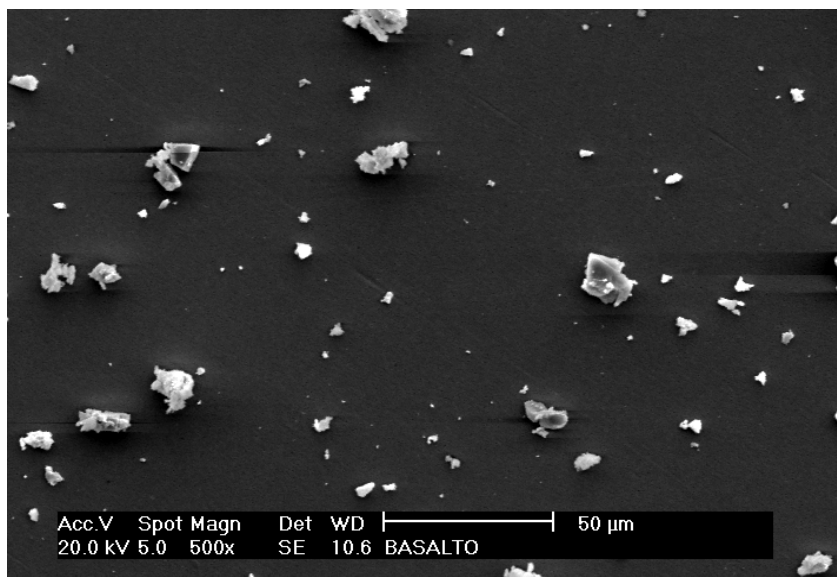


FIGURA 41 – IMAGEM DA POEIRA DE BASALTO - D.

Poeira da pedreira de basalto mostrando partículas com faces definidas.
(Imagem obtida pelo MEV - LACTEC)

FIGURA 42 – IMAGEM DA POEIRA DE BASALTO - E.

Poeira de basalto mostrando partículas mais regulares com habito subédrico a euédrico.
(Imagem obtida pelo MEV - LACTEC)

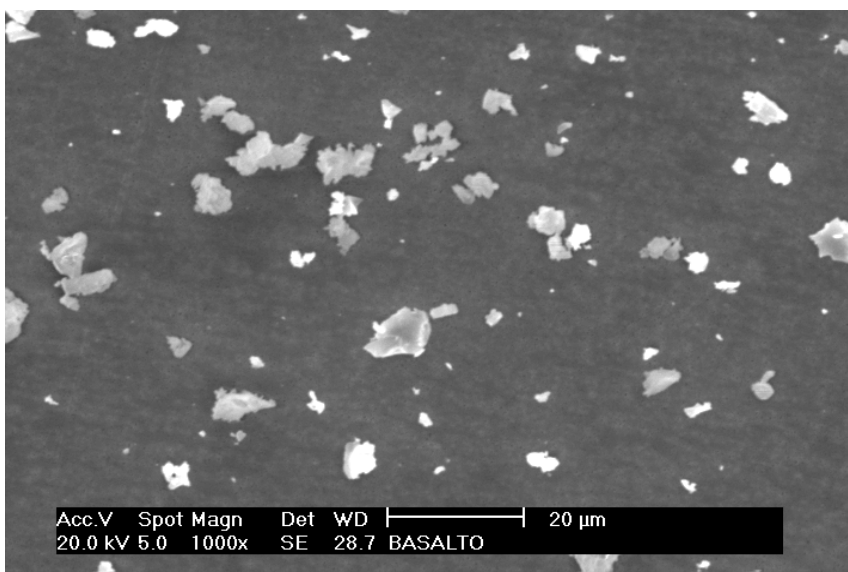
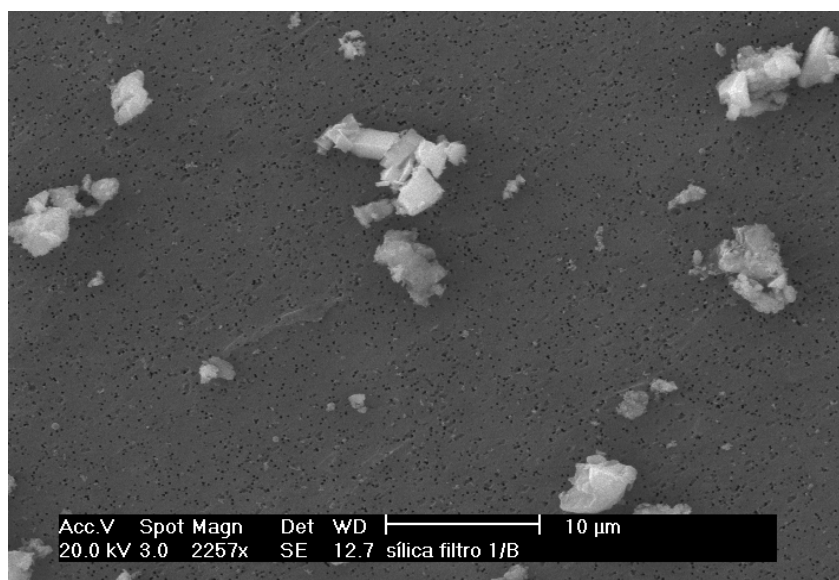


FIGURA 43 – IMAGEM DA POEIRA DE BASALTO - F.

Partículas de basalto mostrando maior regularidade e maior esfericidade.
(Imagem obtida pelo MEV - LACTEC)

FIGURA 44 – IMAGEM
DA POEIRA DE GNAISSE
- A.

Poeira da pedreira de gnaiss
mostrando irregularidades
nas partículas.
(Imagem obtida pelo MEV - LACTEC)

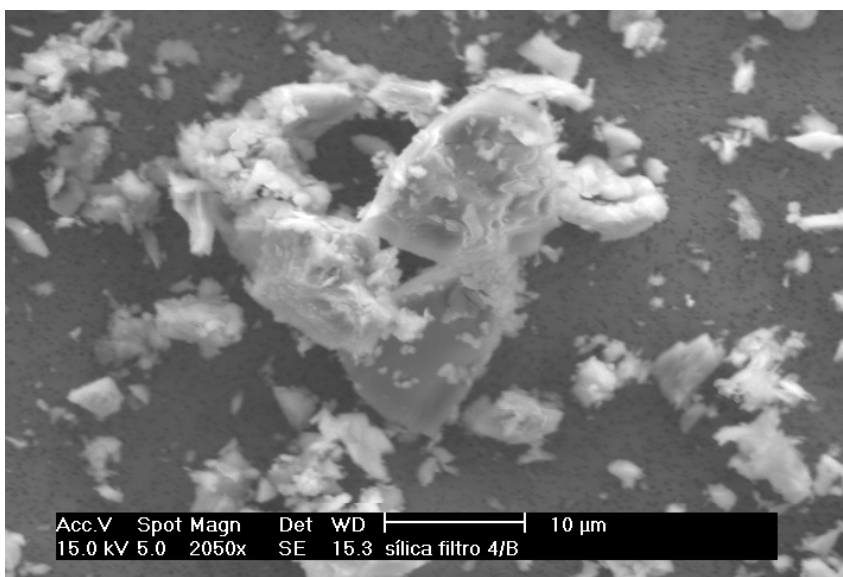
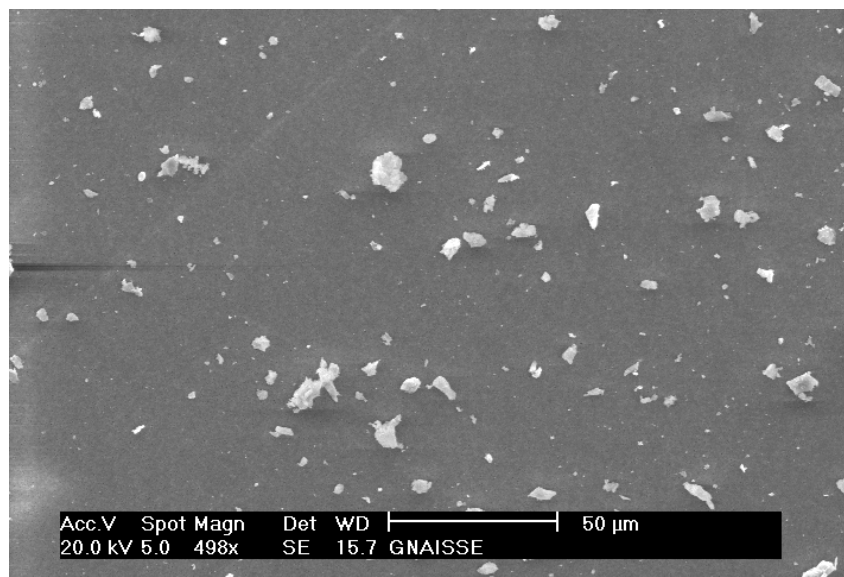
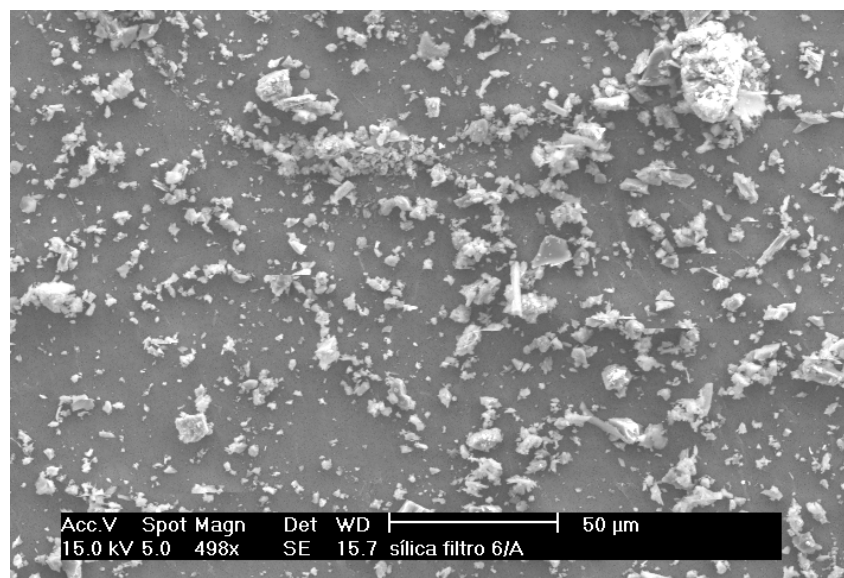


FIGURA 45 – IMAGEM
DA POEIRA DE GNAISSE
- B.

Mostra a fibrocidade das
partículas de gnaiss,
podendo-se observar a
partícula maior com hábito
anédrico e com superposição
de partículas menores.
(Imagem obtida pelo MEV - LACTEC)

FIGURA 46 – IMAGEM
DA POEIRA DE GNAISSE
- C.

Poeira de pedreira de
gnaiss, podendo-se
observar partículas fibrosas
fragmentadas e com grande
variação de tamanho.
(Imagem obtida pelo MEV - LACTEC)



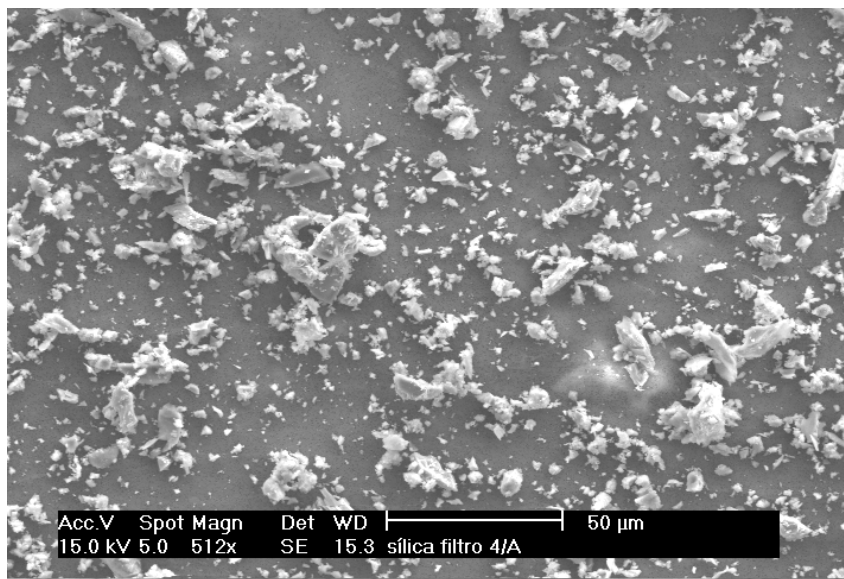


FIGURA 47 – IMAGEM DA POEIRA DE GNAISSE – D.

Poeira de gnaissse, constatando-se forma mais irregular e fibrosa que a poeira de basalto.
(Imagem obtida pelo MEV - LACTEC)

FIGURA 48 – IMAGEM DA POEIRA DE GNAISSE - E.

Poeira de gnaissse, sendo a partícula maior de hábito subédrico.
(Imagem obtida pelo MEV - LACTEC)

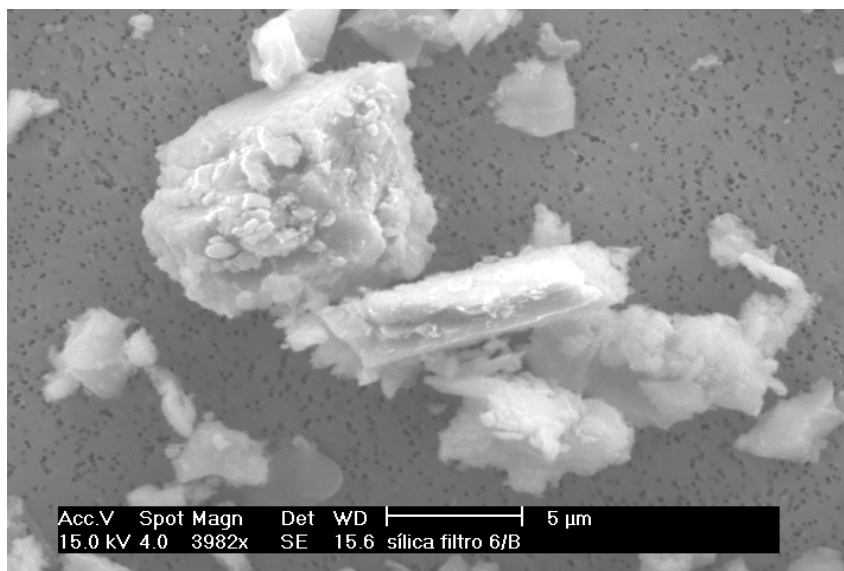
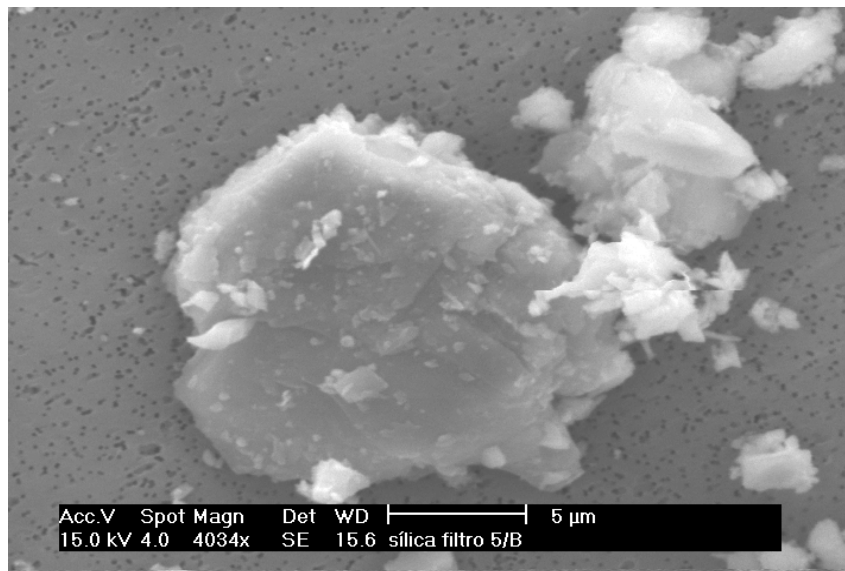


FIGURA 49 – IMAGEM DA POEIRA DE GNAISSE - F.

Poeira de gnaissse, podendo-se observar que a partícula maior possui várias partículas de tamanho menor, associadas a ela.
(Imagem obtida pelo MEV - LACTEC)

Para verificação da diferença na morfologia entre as partículas das rochas estudadas, calculou-se a razão entre os diâmetros máximos e mínimos das partículas respiráveis, ou seja, menores que 10μ , amostradas nos trabalhadores. Os diâmetros das partículas foram obtidos através do programa Image-Pro Plus Version 1.3 Medic Cybernetics. Considerando-se que quanto mais a razão d_{\max}/d_{\min} for superior a unidade menos esférica será a partícula. A tabela 17 apresenta os dados obtidos podendo-se observar que as partículas de gnaiss apresentam maior diferença, conforme mostra as figuras 50 e 51.

Partícula	Basalto (μ)	Gnaiss (μ)	Partícula	Basalto (μ)	Gnaiss (μ)
1	1,00	1,22	21	1,39	1,86
2	1,00	1,40	22	1,41	1,87
3	1,00	1,47	23	1,41	1,87
4	1,00	1,50	24	1,43	1,88
5	1,06	1,54	25	1,47	1,88
6	1,11	1,57	26	1,47	1,89
7	1,11	1,61	27	1,52	1,91
8	1,12	1,61	28	1,54	1,93
9	1,14	1,62	29	1,56	1,96
10	1,20	1,62	30	1,60	1,97
11	1,21	1,66	31	1,68	1,97
12	1,22	1,66	32	1,70	2,01
13	1,23	1,72	33	1,72	2,08
14	1,24	1,72	34	1,73	2,10
15	1,26	1,72	35	1,75	2,10
16	1,28	1,73	36	1,77	2,11
17	1,32	1,80	37	2,08	2,26
18	1,34	1,84	38	2,17	2,28
19	1,36	1,86	39	2,43	2,84
20	1,39	1,86	40	5,60	2,91

Valores dos diâmetros máximo e mínimo obtidos pelo software Image-Pro Plus Version 1.3 for Windows

TABELA 17 – RAZÃO ENTRE DIÂMETRO MÁXIMO E MÍNIMO DAS PARTÍCULAS COLETADAS PARA AS ROCHAS ESTUDADAS.

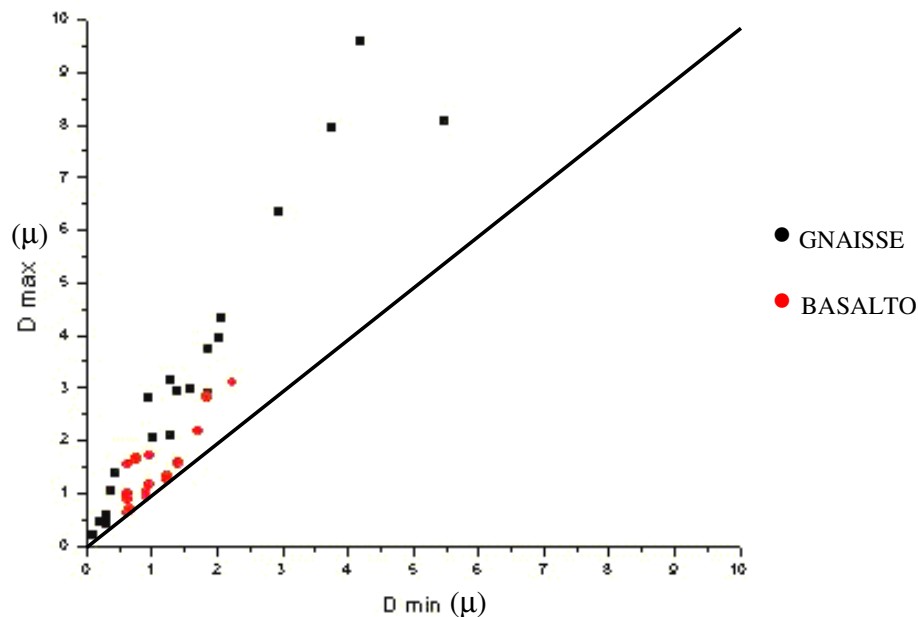


FIGURA 50 – GRÁFICO ILUSTRATIVO DAS RAZÕES DOS DIÂMETROS DAS PARTÍCULAS DE BASALTO E GNAISSE

Observando-se a figura 50 pode-se constatar que as partículas de gnaiss se apresentam menos esféricas, pois os pontos correspondentes da razão d_{\max}/d_{\min} dessa rocha encontram-se mais distantes da reta representativa da unidade.

A figura 51 mostra que se considerando apenas os valores da razão dos diâmetros mais próximos de um, ou seja, entre 1,0 e 1,5 as partículas de basalto respondem com 65%, enquanto para o gnaiss apenas 10% das partículas encontram-se dentro desse intervalo. Observando-se todos os intervalos pode-se constatar maior esfericidade das partículas de basalto.

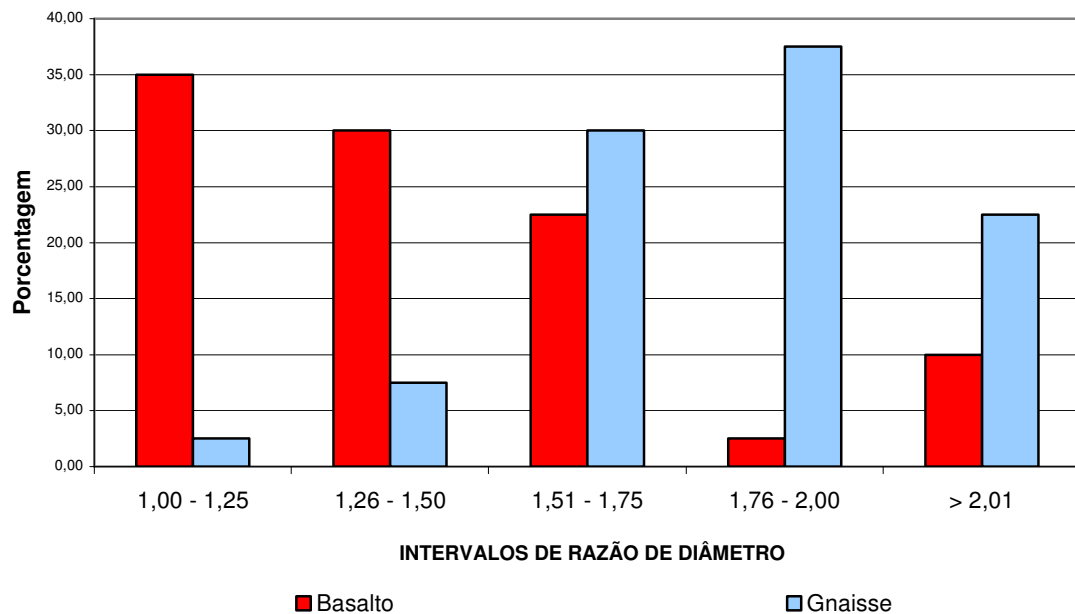


FIGURA 51- RAZÕES DOS DIÂMETROS MÁXIMOS E MÍNIMOS DAS PARTÍCULAS REPIRÁVEIS, EM INTERVALOS DE DIÂMETRO.

O índice de angulosidade - razão entre o perímetro e a área da seção da partícula, medidos através do AutoCad versão 2002 em imagens obtidas no MEV - foi utilizado para determinação da regularidade das partículas, considerando-se que, quanto maior for o valor desse índice mais irregular será a partícula. A tabela 18 e a figura 52 mostram os respectivos índices de angulosidade para as partículas de basalto e gnaiss.

Gnaiss			Basalto		
Área	Perímetro	Índice de Angulosidade	Área	Perímetro	Índice de Angulosidade
1,02	4,75	4,65	1,06	4,45	4,19
7,04	12,92	1,84	0,86	3,71	4,31
1,16	4,29	3,71	1,15	2,29	1,99
1,25	5,02	4,00	1,23	2,68	2,18
2,62	7,19	2,74	1,90	3,23	1,70
2,79	6,52	2,33	2,71	4,33	1,60
2,81	8,29	2,95	2,83	4,92	1,74
3,72	8,35	2,24	3,67	8,07	2,20
1,93	5,50	2,86	3,61	6,17	1,71
3,39	9,50	2,80	3,30	6,40	1,94
1,83	6,23	3,41	1,71	3,02	1,77
2,16	7,57	3,51	43,72	32,79	0,75
3,12	7,43	2,38	23,42	19,59	0,84
3,32	8,32	2,51	38,88	31,15	0,80
3,01	8,52	2,83	55,47	38,55	0,70
18,09	18,17	1,01	22,84	19,27	0,84
17,37	21,05	1,21	50,30	35,20	0,70
4,84	9,03	1,87	32,27	27,96	0,87
14,61	16,13	1,10	22,93	20,70	0,90
18,70	19,28	1,03	72,40	35,56	0,49
20,86	22,06	1,06	16,19	17,18	1,06
16,58	16,93	1,02	30,21	26,10	0,86
7,67	15,36	2,00	29,14	22,12	0,76
10,66	13,72	1,29	22,39	20,39	0,91
9,70	11,69	1,21	10,62	15,77	1,49
12,83	14,02	1,092	23,51	20,91	0,89
14,34	15,71	1,095	15,80	15,51	0,98
13,86	16,56	1,195	24,99	19,35	0,77
9,37	11,72	1,25	33,70	23,01	0,68
19,27	17,96	0,93	16,36	17,30	1,06
20,55	20,04	0,98	17,82	16,76	0,94
17,29	16,63	0,96	19,49	17,32	0,89
20,68	20,66	0,99	21,91	20,72	0,95
18,81	17,32	0,92	17,93	17,24	0,96
17,67	16,30	0,92	16,36	17,30	1,06
21,26	19,84	0,93	11,13	14,19	1,28
32,50	26,58	0,82	30,26	22,01	0,73
24,63	21,15	0,86	11,14	15,42	1,39
19,18	17,01	0,89	15,09	15,51	1,03
27,76	24,38	0,88	17,18	17,67	1,03

- Valores de área e perímetro obtidos pelo Software Autocad versão 2002

TABELA 18- INDICES DE ANGULOSIDADE PARA AS PARTÍCULAS DE BASALTO E GNAISSE

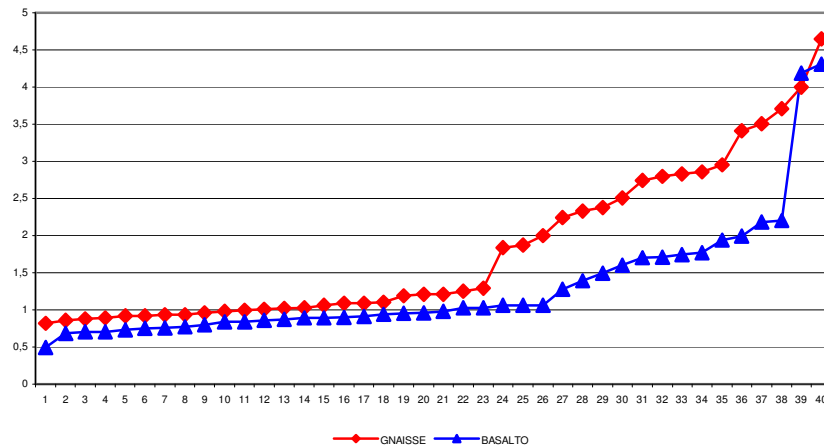


FIGURA 52 – COMPARATIVO DOS ÍNDICES DE ANGULOSIDADE PARA AS PARTÍCULAS DE BASALTO E GNAISSE

A figura 52 mostra a diferença de valores em ordem crescente dos índices de angulosidade podendo-se observar que os valores são maiores para as partículas de gnaiss, mostrando maior irregularidade que as partículas do basalto. Essa diferença acentua-se para os índices com valores maiores.

4.4.4.2. Tamanho das partículas

Segundo SANTOS (2001) o diâmetro equivalente é o parâmetro utilizado para descrever uma partícula tridimensional irregular por meio de um único número, existindo vários métodos para medição do diâmetro de partículas irregulares.

Com o avanço da informática nos últimos anos foram desenvolvidos vários programas para medição de tamanho de partículas, tendo apresentado excelentes resultados. Esse método oferece várias vantagens sobre a medição manual de partícula; dentre outros, podemos citar a padronização do procedimento, aplicação de diversos métodos de cálculo simultaneamente e o resultado das análises pode ser apresentado através de histogramas cumulativos de número de partícula por faixa de tamanho.

Aplicando-se o programa Image-Pro Plus Version 1.3 para Windows determinou-se os valores do tamanho dos diâmetros das partículas coletadas. Foram medidas todas as partículas em situação favorável à mensuração para cada tipo de rocha estudada, conforme exemplificado na tabela 19.

Definiu-se para análise o intervalo entre 0,5 e 3,0 μ , ou seja, aquele em que as partículas podem ficar mais intensamente retidas nos brônquios e alvéolos, sendo mais prejudicial ao sistema respiratório. A figura 53 mostra a distribuição das partículas por tamanho, dentro desse intervalo.

Partícula	Basalto (μ)	Gnaiss (μ)	Partícula	Basalto (μ)	Gnaiss (μ)
1	0,58	0,36	41	2,18	1,48
2	0,59	0,50	42	2,22	1,50
3	0,63	0,52	43	2,24	1,54
4	0,65	0,52	44	2,27	1,66
5	0,70	0,53	45	2,33	1,66
6	0,76	0,54	46	2,36	1,68
7	0,80	0,57	47	2,43	1,68
8	0,82	0,60	48	2,48	1,71
9	0,85	0,61	49	2,51	1,71
10	0,86	0,68	50	2,52	1,73
11	0,87	0,68	51	2,58	1,74
12	0,91	0,75	52	2,67	1,83
13	0,95	0,82	53	2,76	1,86
14	0,95	0,83	54	2,77	1,86
15	1,07	0,83	55	2,81	1,91
16	1,13	0,84	56	2,88	1,93
17	1,15	0,84	57	2,95	1,94
18	1,20	0,90	58	3,08	2,03
19	1,21	0,91	59	3,16	2,04
20	1,29	0,91	60	3,29	2,07
21	1,35	0,95	61	3,44	2,11
22	1,36	0,96	62	3,49	2,13
23	1,38	1,04	63	3,85	2,14
24	1,47	1,11	64	4,33	2,15
25	1,54	1,13	65	4,56	2,18
26	1,56	1,13	66	4,91	2,38
27	1,58	1,14	67	5,32	2,38
28	1,63	1,17	68	5,32	2,38
29	1,65	1,17	69	5,42	2,67
30	1,65	1,19	70	5,52	2,82
31	1,71	1,25	71	5,59	2,85
32	1,71	1,34	72	5,71	2,86
33	1,71	1,34	73	5,81	3,96
34	1,71	1,36	74	6,21	4,78
35	1,89	1,37	75	6,42	5,19
36	1,98	1,39	76	6,54	5,62
37	2,04	1,41	77	7,26	5,77
38	2,06	1,41	78	7,31	5,88
39	2,06	1,43	79	8,17	6,51
40	2,16	1,43	80	11,10	6,78

- Valores obtidos pelo software Image-Pro Plus Version 1.3 for Windows

TABELA 19 – VALORES DO DIÂMETRO EQUIVALENTE DAS PARTÍCULAS DE POEIRA RESPIRÁVEL.

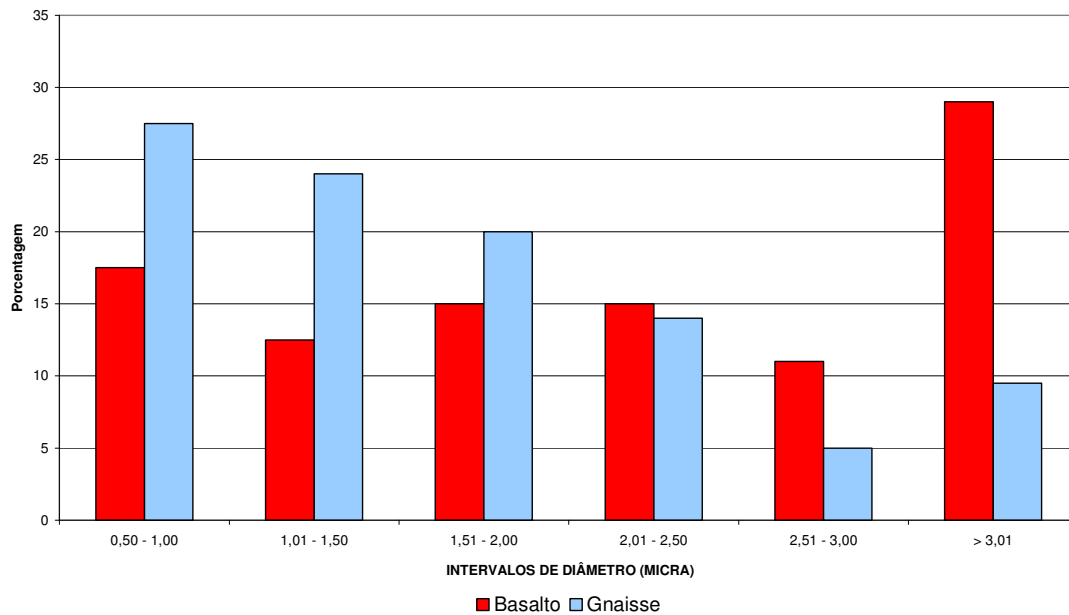


FIGURA 53 - COMPARATIVO DOS DIÂMETROS EQUIVALENTES ENTRE AS PARTÍCULAS DE BASALTO E GNAISSE.

Conforme mostra a figura 53 constata-se que 90% das partículas de gnaise encontram-se no intervalo estabelecido entre 0,5 e 3,0 μ . Para as partículas de basalto esse número reduz para 70%. Portanto o gnaise apresenta maior quantidade de partículas no intervalo de tamanho mais prejudicial ao sistema respiratório. Pode-se observar comportamento bimodal das partículas de basalto e monomodal do gnaise.

4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Segundo ANGELINE e MIORE (1993) a técnica para a realização de estudos estatísticos refere-se à aplicação de alguns testes de verificação (chamados de testes de significância de hipótese) das amostras extraídas da população a qual se pretende aplicar a teoria. Se as informações obtidas dos dados amostrais forem compatíveis com o previsto pela teoria se diz que a hipótese está confirmada e a teoria corroborada. Em termos estatísticos define-se população – ou universo de dados – como sendo o conjunto dos elementos que têm alguma característica em comum que possa ser contada, medida, pesada ou ordenada de algum modo e que sirva de base para as propriedades que se quer investigar. A amostra, por sua vez, é um subconjunto – representativo ou não – da população em estudo. Essa representatividade da amostra, que é uma propriedade altamente desejada em estatística, ocorre quando ela apresenta as mesmas características gerais da população da qual foi extraída.

No planejamento amostral utilizado para o material particulado houve um reconhecimento da população a ser estudada e da unidade amostral. Definiu-se por uma estratégia de amostragem aleatória simples. O tipo de resposta e análise é o quantitativo cujas variáveis são resumidas na forma de média e desvio padrão. Na análise estatística utilizou-se o software SPSS Versão 11.0 estabelecendo-se índice de confiança de 95% ($\alpha = 0,05$).

Conforme se observa nas tabelas 20 e 21 o valor médio da amostra para o diâmetro equivalente, que avalia o tamanho da partícula, apresenta maior valor para o basalto. O contrário ocorre com o índice de angulosidade e razão dos diâmetros onde constatou-se valores maiores para o gnaisse.

Variável	N	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão da Média	Intervalo de Confiança $\alpha = 0,05$		Q1	Mediana	Q3	Q3 – Q1
					Mínimo	Máximo				
Diâmetro equivalente	80	2,76	2,08	0,23	2,30	3,22	1,30	2,17	3,41	2,10
Índice de Angulosidade	40	1,30	0,82	0,13	1,04	1,56	0,84	0,97	1,68	0,84
Razão dos diâmetros	40	1,53	0,74	0,12	1,29	1,76	1,20	1,39	1,66	0,46

TABELA 20 - ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA PARTÍCULAS DE BASALTO.

Variável	N	Média	Desvio Padrão	Erro Padrão da Média	Intervalo de Confiança $\alpha = 0,05$		Q1	Mediana	Q3	Q3 – Q1
					Mínimo	Máximo				
Diâmetro equivalente	80	1,84	1,41	0,16	1,53	2,16	0,92	1,46	2,10	1,18
Índice de Angulosidade	40	1,81	1,05	0,17	1,47	2,14	0,98	1,21	2,68	1,70
Razão dos diâmetros	40	1,86	0,33	0,05	1,76	1,97	1,63	1,86	1,97	0,34

TABELA 21- ESTATÍSTICA DESCRITIVA PARA PARTÍCULAS DE GNAISSE.

A análise estatística nos mostra que a hipótese da diferença entre as médias também é confirmada para toda população nos três parâmetros avaliados, ou seja, diâmetro equivalente, índice de angulosidade e razão dos diâmetros máximos e mínimos, através dos valores obtidos para as medianas, conforme exposto nas figuras 54, 55 e 56.

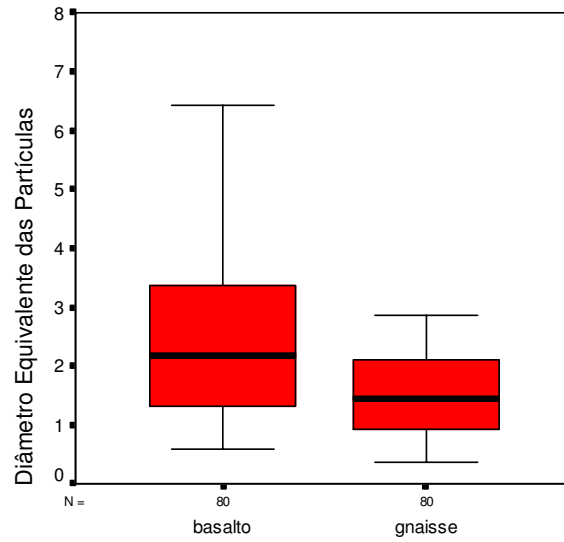


FIGURA 54 - COMPARATIVO DA MEDIANA E QUARTIS DO DIÂMETRO EQUIVALENTE ENTRE O BASALTO E O GNAISSE

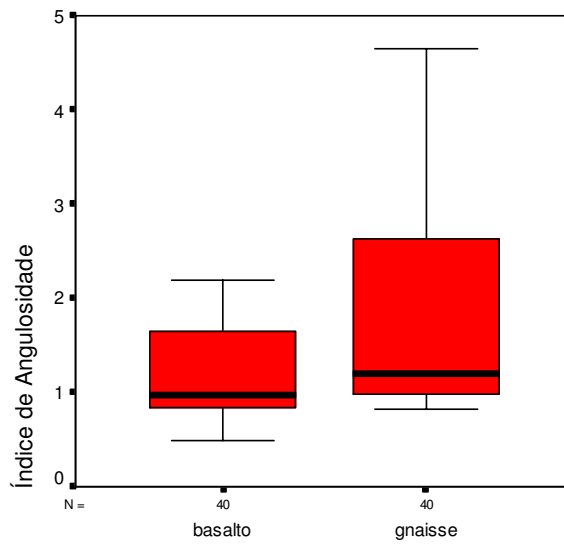


FIGURA 55 - COMPARATIVO DA MEDIANA E QUARTIS DO ÍNDICE DE ANGULOSIDADE ENTRE O BASALTO E O GNAISSE

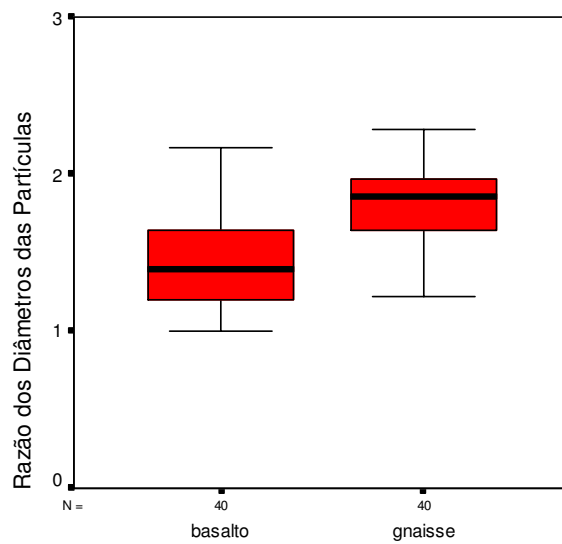


FIGURA 56 - COMPARATIVO DA MEDIANA E QUARTIS DA RAZÃO DOS DIÂMETROS MÁXIMO E MÍNIMO ENTRE O BASALTO E O GNAISSE

A análise estatística nos mostra que os intervalos de confiança também se apresentam diferentes para os três parâmetros estudados, de acordo com o exposto nas figuras 57, 58 e 59.

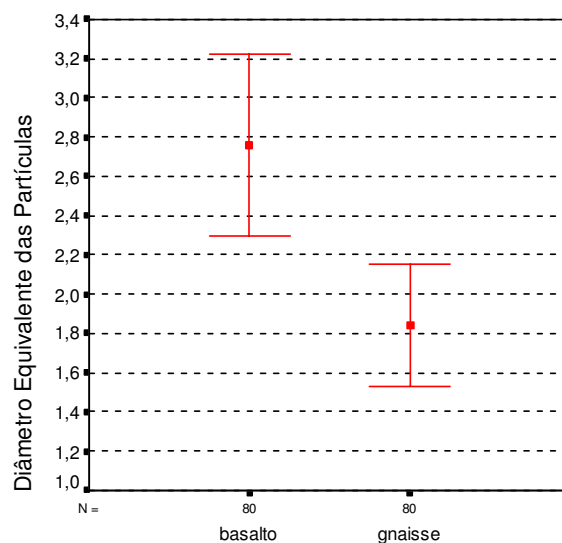


FIGURA 57 - INTERVALOS DE CONFIANÇA DO DIÂMETRO EQUIVALENTE PARA O BASALTO E GNAISSE

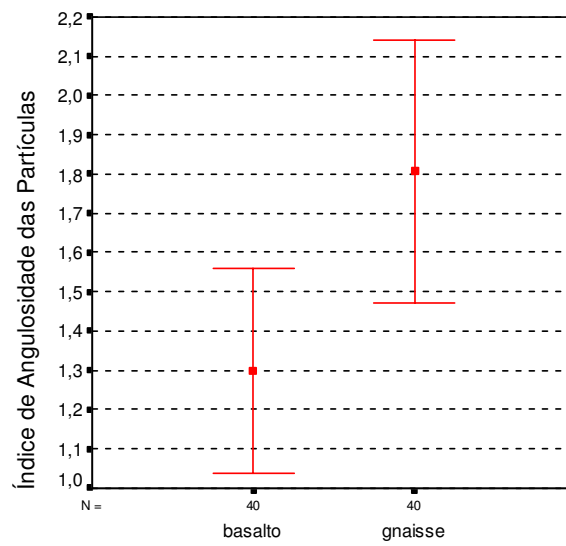


FIGURA 58 - INTERVALOS DE CONFIANÇA DO INDICE DE ANGULOSIDADE PARA O BASALTO E GNAISSE

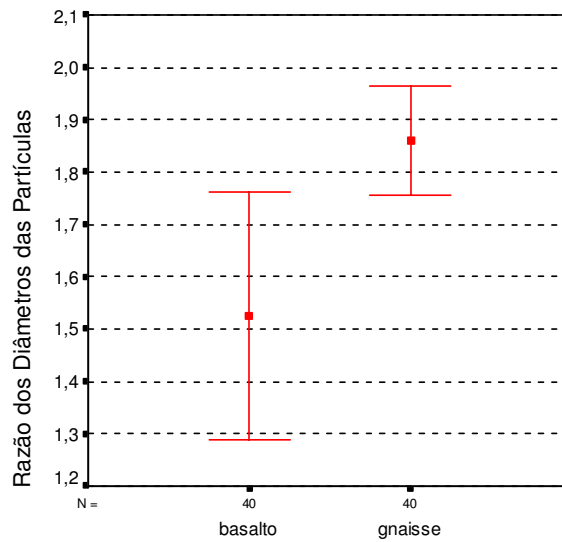


FIGURA 59 - INTERVALOS DE CONFIANÇA DA RAZÃO DOS DIÂMETROS MÁXIMO E MÍNIMO PARA O BASALTO E GNAISSE

Para prova da igualdade das médias utilizou-se o teste não paramétrico de Mann-Whitney para o índice de angulosidade e razão dos diâmetros das partículas, em função do tamanho das amostras, cujos valores são apresentados nas tabelas 22 e 23. Como o diâmetro equivalente apresenta amostra maior, optou-se pelo teste paramétrico “T” de Student, sendo os valores expostos na tabela 24. Ambos os testes são utilizados para comparação de amostras independentes. A diferença entre as amostras, é confirmada se a variável “p” nos testes for menor que 0,05, pois $\alpha = 0,05$.

Partículas	N	ÍNDICE DE ANGULOSIDADE DAS PARTÍCULAS	
		Média dos Ranks	Teste U de Mann-Whitney ($\alpha = 0,05$)
Basalto	40	32,75	U = 490 p = 0,003
Gnaisse	40	48,25	

TABELA 22 - TESTE U DE MANN-WHITNEY (PROVA NÃO-PARAMÉTRICA DE IGUALDADE DE MÉDIAS) PARA OS ÍNDICES DE ANGULOSIDADE DAS PARTÍCULAS DE BASALTO E GNAISSE.

Partículas	N	RAZÃO DOS DIÂMETROS DAS PARTÍCULAS	
		Média dos Ranks	Teste U de Mann-Whitney ($\alpha = 0,05$)
Basalto	40	27,29	U = 271,5 p < 0,001
Gnaisse	40	53,71	

TABELA 23 - TESTE U DE MANN-WHITNEY (PROVA NÃO-PARAMÉTRICA DE IGUALDADE DE MÉDIAS) PARA A RAZÃO DOS DIÂMETROS DAS PARTÍCULAS DE BASALTO E GNAISSE.

Partículas	N	DIÂMETRO EQUIVALENTE DAS PARTÍCULAS		
		Média	Desvio-Padrão	Teste t de Student ($\alpha = 0,05$)
Basalto	80	1,30	0,47	t = 3,30 gl = 139 p = 0,001
Gnaiss	80	0,96	0,32	

TABELA 24 - TESTE T DE STUDENT (PROVA PARAMÉTRICA DE IGUALDADE DE MÉDIAS) PARA O DIÂMETRO EQUIVALENTE DAS PARTÍCULAS DE BASALTO E GNAISS.

Em todos os casos as médias das variáveis são significativamente diferentes entre o basalto e o gnaiss, para índice de confiança de 95% ($\alpha = 0,05$). Essa diferença pode ser confirmada, pois os valores de “p” obtidos nos testes são inferiores a 0,05, e os intervalos de confiança também apresentam-se diferentes, conforme exposto nos gráficos. Obteve-se para os valores de “p”:

Diâmetro equivalente das partículas (**p=0,001**).

Índice de angulosidade das partículas (**p=0,003**).

Razão dos diâmetros das partículas (**p<0,001**).

Sendo assim, com base nos valores acima, confirma-se que o diâmetro equivalente é maior para o basalto, porém a razão dos diâmetros e índice de angulosidade são maiores para o gnaiss.

5. ANÁLISE E SUGESTÕES DE MEDIDAS PARA MELHORIA DAS CONDIÇÕES DE TRABALHO E DO MEIO AMBIENTE

Para tornar possível uma racionalização das atividades de mineração, de forma a minimizar e/ou neutralizar seus efeitos negativos sobre trabalhadores e meio ambiente, medidas preventivas e/ou corretivas devem ser aplicadas, independentemente do tamanho do empreendimento e sua escala de produção.

Conforme o observado em vários casos, inexistia a aplicação de dispositivos eficientes capazes de minimizarem o problema, de forma garantida e permanente.

Diante dessa situação faz-se necessário uma análise dos métodos existentes, de forma que se possa definir quais os mais adequados à atividade em estudo, além de expor experiências desenvolvidas no transcorrer deste trabalho.

5.1. IMPACTO VISUAL

O impacto visual poderá ser atenuado com a aplicação de algumas técnicas, dentre as quais pode-se destacar: cortina arbórea - consiste em confinar a região minerada com um sistema de vegetação plantado adequadamente, auxiliando positivamente, também, na minimização da mobilização e transporte de poeira e constituindo anteparos sonoros; bancos - anteparos artificiais que diminuem a agressividade da paisagem da área minerada, viabilizados quando há possibilidade de utilização de materiais provenientes da mina, como o próprio estéril. Perfil topográfico - harmonização do perfil decorrente da mineração, dando nova conformação ao terreno, de acordo com o novo uso e ocupação a que será destinada a área. Caso não haja essa previsão deve-se, no mínimo, assemelhar a paisagem da área à do entorno (RATTON, 1989).

Com base no desenvolvimento desta pesquisa recomenda-se que nas áreas estudadas deve-se aplicar o método de cortina arbórea, tendo em vista a pouca espessura do estéril não ser suficiente para a criação de “bancos”. Sugere-se o plantio de eucaliptos (*Eucalyptus sp*) plantados em fila dupla ou mais, com espaçamento

entre linhas, alternado, com a linha mais distante da fonte poluidora sendo plantada inicialmente, e fileiras anteriores com prazo de 2 a 3 anos, de forma que haja um fechamento do espaço entre o solo e a copada. Como embelezamento e tratamento paisagístico poderia ser plantada uma fileira com espécies de plantas ornamentais no lado externo voltado para a comunidade. Em outras áreas poderá ser avaliada a adoção de outras espécies. Logicamente esse método também servirá como barreira na dispersão do material particulado.

A escolha sobre as sub espécies de eucaliptos decorre da associação de diversos fatores (Segundo Mantovani, L. E., informação verbal):

- a) rusticidade;
- b) crescimento rápido;
- c) porte alongado garantido por vigorosa raiz pivotante com capacidade de penetração em solos alterados (antrópicos) das pedreiras e dos seus entornos;
- d) capacidade de resistência e tolerância de desenvolvimento em stands homogêneos;
- e) adaptação às condições climáticas tropicais e subtropicais;
- f) adequação de variedade apropriada ao solo.

Além disso quando em cortinas pouco espessas constituem barreiras semipermeáveis, que é o caso ideal para quebra-ventos.

Quando o solo for menos profundo, não permitindo a plantação de eucaliptos, podem ser utilizadas outras espécies com sistema radicular menos profundo, tais como: bracatinga, grevília, sibipiruna e pinus. Enfim, a variedade escolhida não pode ter queda sazonal completa das folhas, devendo apresentar boa adaptação ao microclima regional.

Para o planejamento urbano na ocupação do entorno das mineradoras é indispensável conhecer tanto a rosa dos ventos quanto a rosa dos poluentes, em busca de distanciar novas habitações das direções dos ventos dominantes e preferir a direção de frequência mínima.

As figuras 60 e 61 mostram a implantação de sistema de cortina arbórea sugerido pelo autor para a empresa Y.



FIGURA 60 – VISÃO PARCIAL DA ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DA CORTINA ARBÓREA SUGERIDA PARA A EMPRESA Y

Fonte: O AUTOR



FIGURA 61 – ÁREA DE IMPLANTAÇÃO DE CORTINA ARBÓREA SUGERIDA PARA A EMPRESA Y

Fonte: O AUTOR

5.2 POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

5.2.1. Métodos de Controle ou Minimização da Poeira

Os métodos para controle de material particulado apresentam entre si uma variação entre custos e técnicas para sua avaliação. A identificação de várias fontes de emissão de pó, e o conhecimento do grau de influência de cada uma delas são fatores importantes na definição dos métodos para controle ou minimização desse agente. As medidas de prevenção primária com relação à poeira consistem em evitar ou reduzir a sua formação, prevenir ou controlar a propagação de poeira no local de trabalho e evitar que os trabalhadores inalem a poeira, conforme DNPM (BRASIL,1985_b)

Segundo BRAILE (1988) o controle de partículas pode ser aplicado na fonte por meio de umidificação, na transmissão, ou seja, entre a fonte e o trabalhador através do enclausuramento / isolamento, associado ao sistema de ventilação/exaustão, e no trabalhador através de respiradores adequados.

A) NA LAVRA:

Além das medidas anteriormente citadas, pode-se enumerar uma série de medidas a serem tomadas:

- a) correto tratamento do estéril, diminuindo a superfície exposta deste material para evitar sua mobilização pelo vento;
- b) uso de equipamentos (perfuratriz) munidos com coletores de pó, evitando a dispersão da poeira;
- c) na formação de bancadas para evitar a criação de “corredores de vento”, ao longo dos quais o vento pode se acelerar pelo efeito venturi;
- d) controlar através de um psicrômetro, corretamente instalado, a umidade relativa do ar e lançar medidas de irrigação das partes mais sensíveis dos depósitos, quando o índice cair abaixo de um certo nível (por exemplo abaixo de 50%) lembrando que o período mais crítico do dia ocorre entre 12:00 e 16:00 hs.

B) NO BENEFICIAMENTO:

Para o sistema de beneficiamento (britagem) existem alguns métodos de minimização da poeira, entre os quais destacam-se:

Sistema de névoa: Este sistema utiliza água e/ou solução para reduzir ou eliminar poeira em suspensão e para evitar a geração de poeira na fonte. Os mecanismos de controle mais comuns são os seguintes: confinamento da poeira nas áreas de operação geradoras de pó, através da cortina de névoa, umectação da poeira pelo contato entre as partículas e gotículas e/ou solução.

Sistema de exaustão/ventilação: No processamento da matéria prima, a poeira é lançada e dispersa na atmosfera pela ação das correntes de ar, sendo a natureza e quantidade de poeira definidos pelo deslocamento do ar, tipo de material, ventos e a vibração e rotação dos equipamentos do sistema de britagem.

O sistema de exaustão/ventilação utilizado para o controle da poeira pode ser dividido em quatro componentes: coifas, dutos, ventiladores e dispositivos de coleta de partículas. Após a captação das partículas pela coifa é necessário transportá-las através de dutos e pela ação de um ventilador até o dispositivo de coleta.

Com base em Departamento Nacional de Estradas de Rodagens- DER; Instituto Militar de Engenharia - IME (BRASIL, 2001) dentre as principais medidas para o controle da poeira, nas atividades de produção de brita, estão: umidificar o material extraído antes de sua transferência do caminhão basculante; implantar bicos aspersores na moega de carga e no alimentador vibratório, nas laterais e parte posterior; enclausurar os britadores e rebritadores implantando sistema de exaustão e filtragem, ou instalar sistema de umidificação; enclausurar as peneiras intermediárias e seletoras final implantando sistema de exaustão e filtragem; implantar bicos aspersores nos pontos de transferência; implantar aspersores giratórios, deslocáveis, para aspersão d'água sob pressão nas pilhas de estocagem; pavimentar ou molhar as vias de tráfego interno; efetuar a manutenção adequada dos sistemas de controle de poluição; promover o plantio de vegetação adequada em torno do setor de britagem.

Como sugestão, baseado em experiências efetuadas nesse estudo, pode-se recomendar um sistema que diminua o contato do material em queda com o vento,

diminuindo a dispersão da poeira, conforme mostra a figura 62, com uso de tonéis reaproveitados, diminuindo a distância de queda livre desprotegida.



FIGURA 62 – DISPOSITIVO PARA DIMINUIÇÃO DO CONTATO DO VENTO COM O MATERIAL EM QUEDA

Fonte: O AUTOR

Outro sistema que também poderá ser eficiente é a colocação de placas metálicas revestidas com absorvedores de ruído, em posições oblíquas alternadas, fixas em coluna formada por quatro vergalhões, da ponta da correia ao piso, diminuindo a altura em queda livre do material, minimizando a formação de poeira.

5.2.2. Dispositivos para Coleta de Poeira

Dentre as técnicas utilizadas para a coleta de poeira, são destacadas para análise as descritas a seguir, por serem as mais utilizadas, com base em Technology and Regulations for Air Pollution Control - MITI (1988) e IPCAJ (1992).

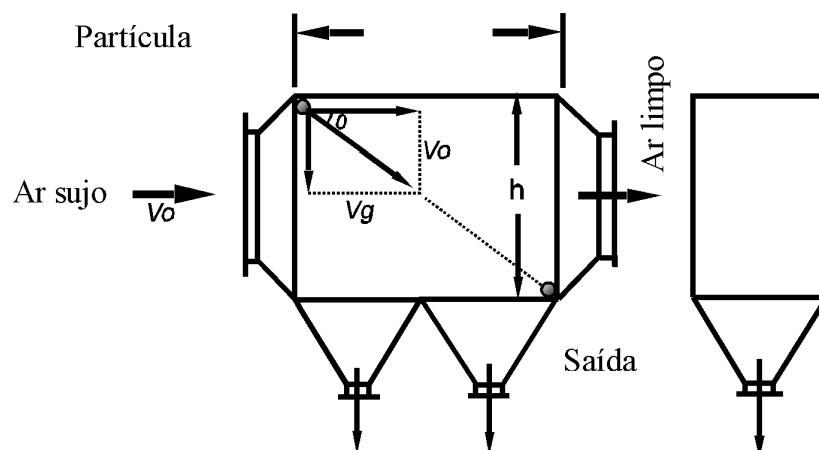
5.2.2.1. Coletor de poeira por gravidade

Este equipamento separa e coleta partículas contidas no ar através de sedimentação natural por gravidade.

A câmara de sedimentação por gravidade pode ser de um único estágio, onde há uma redução do ar a ser tratado, ou de multi-estágio onde é provida de várias “prateleiras” com um determinado ângulo em relação ao fluxo de ar, de forma a reduzir a altura (h) de sedimentação.

Nos coletores de poeira por gravidade é importante manter o fluxo de ar uniforme no interior das câmaras de sedimentação, deve-se portanto instalar gralha retificadora e amortecedores na entrada do equipamento, de forma a garantir o fluxo de ar uniforme. A figura 63 mostra os dois tipos de câmara para os coletores em pauta.

a) Câmara de Sedimentação por Gravidade com Único Estágio



b) Câmara de Sedimentação de Vários Estágios

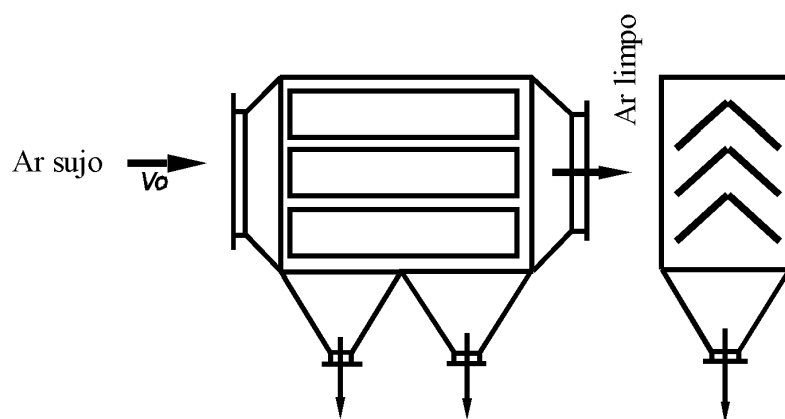


FIGURA 63 - COLETORES DE POEIRA POR GRAVIDADE

Fonte: MITI (1988)

CARACTERÍSTICAS

No coletor de poeira por gravidade, quanto menor a velocidade (V_0) de ar a ser tratado na câmara de sedimentação, quanto menor a altura (h) e maior a largura, partículas mais finas podem ser separadas e coletadas.

Quando as partículas contidas no ar estão dentro dos limites entre 100 até 3μ e encontram-se em forma esférica, podem ser separadas admitindo-se somente a resistência pela viscosidade do ar com base na Lei de Stokes.

Quando um corpo se move através de um fluido em baixa velocidade, pode-se supor que a força de atrito é proporcional à velocidade, isto é, $F \propto Vg$ ou $F = KVg$ onde

$K = 6\pi R\mu$; sendo $F = 6\pi R\mu Vg$; como $d = 2R$ (R =raio da partícula)

$$F = 3 \pi \mu d Vg$$

que é a Lei de Stokes e fornece a força de resistência do ar. F é obtida da Lei de Newton sua unidade $kg.m/s^2$.

Para se obter a força de sedimentação substitui-se Vg por seu valor $\frac{4R^2g(\rho_s - \rho_0)}{6\mu}$, então

$$F_g = \frac{\pi}{6} \cdot d^3 (\rho_s - \rho_0) \cdot g$$

Onde:

F_g - força de sedimentação das partículas ($kg.m/s^2$) - função do seu diâmetro

F - força de resistência do ar ($kg.m/s^2$) – função da vel. terminal das partículas

d - diâmetro da partícula (m)

ρ_s - densidade das partículas (kg/m^3)

ρ_0 - densidade do ar (kg/m^3) - função da pressão e temperatura

g - aceleração da gravidade (m/s^2)

μ - viscosidade do ar (kg/m.s) - função da pressão e temperatura

V_g - velocidade de sedimentação da partícula (m/s)

Isto quer dizer que, quanto maiores forem as partículas mais fáceis para serem sedimentadas, e quanto menores mais difícil para separar, pois V_g diminui rapidamente.

Por outro lado, a relação entre a velocidade de sedimentação e a velocidade inicial, altura e ponto de sedimentação é mostrada da seguinte forma:

$$\tan \theta = \frac{V_g}{V_o} = \frac{d^2 (\rho_s - \rho_o) \cdot g}{18 V_o} = \frac{h}{l}$$

Conseqüentemente, para separar partículas finas é necessário reduzir ao mínimo a velocidade (V_o) do ar a ser tratado e a altura (h), bem como aumentar ao máximo a distância (l).

5.2.2.2. Coletor de partículas por centrifugação

Este coletor utiliza o princípio da separação e coleta das partículas de um ar poluído através da força centrífuga que atinge as partículas.

Quando o movimento virtual atinge o ar poluído a força centrífuga (F_c) é exercida nas partículas e a resistência do ar contra essa força pode ser calculada segundo as fórmulas seguintes:

$$F_c = \frac{\pi \cdot d^2 (\rho_s - \rho_o) \cdot U_t^2}{6 R}$$

$$F_c = 3 \pi \mu d V_c$$

Onde:

- F_c - força centrífuga da partícula (kg m/s²)
- F - resistência do ar (kg m/s²)
- d - diâmetro da partícula (m)
- ρ_s - densidade das partículas (kg/m³)
- ρ_o - densidade do ar (kg/m³)
- U_t - velocidade angular da partícula (m/s)
- R - raio de curvatura (m)
- μ - viscosidade do ar (kg/m.s)
- V_c - velocidade de separação da partícula (m/s)

Das fórmulas acima pode se obter a velocidade (V_c) de separação das partículas.

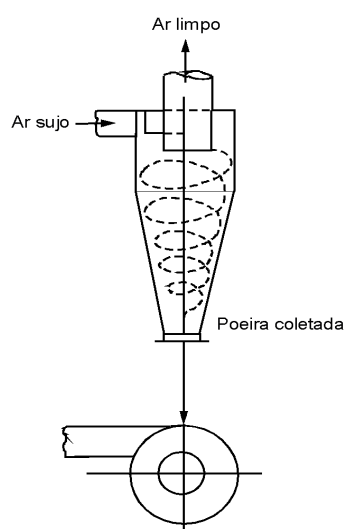
$$V_c = \frac{d^2 \cdot (\rho_s - \rho_o) \cdot U_t^2}{18 \mu R}$$

Por conseguinte partículas menores podem ser separadas e coletadas conforme o raio de curvatura, isto é, basta fazer o diâmetro do tubo de exaustão do ciclone menor para a velocidade do ar tratado ser maior.

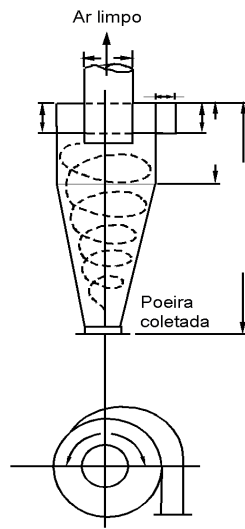
O coletor de poeira por centrifugação pode ser de dois tipos, o ciclone e o rotatório. O tipo ciclone é mais usado na prevenção contra a poluição.

A figura 64 mostra o coletor tipo ciclone, que por sua vez pode ser dividido em: os do tipo de fluxo tangencial ou os de fluxo axial de acordo com a direção do fluxo do ar poluído.

(a),(b) - Ciclone do tipo fluxo tangencial

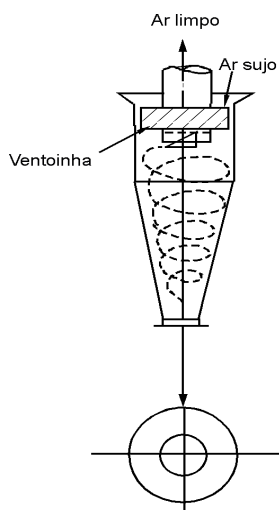


(a) tipo reto

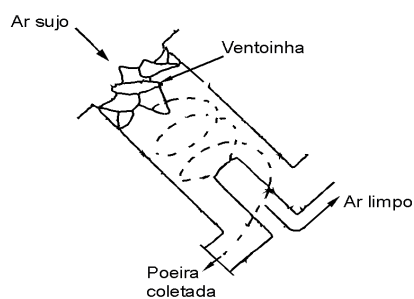


(b) tipo espiral

(c), (d) - Tipo de ciclone de fluxo axial



(c) Tipo reverso



(d) Tipo progressão linear

FIGURA 64 - COLETORES DE POEIRA POR CENTRIFUGAÇÃO TIPO CICLONE
Fonte: MITI (1988)

Nos ciclones a velocidade do ar na entrada varia entre 7 a 10 m/s de acordo com a perda de pressão ou a quantidade de pó a ser coletada. Assim sendo, quanto maior a quantidade de ar a ser tratada maior deve ser o diâmetro do tubo de exaustão.

Desejando-se a separação de partículas finas podem-se usar vários ciclones de diâmetro pequeno em paralelo. Assim mesmo para uma grande quantidade de ar a ser tratado obtém-se uma alta taxa de coleta. Os ciclones paralelos são chamados multi-ciclones.

A Figura 65 mostra a relação entre o diâmetro da partícula a ser coletada e o diâmetro interno do tubo de exaustão para 100% de separação.

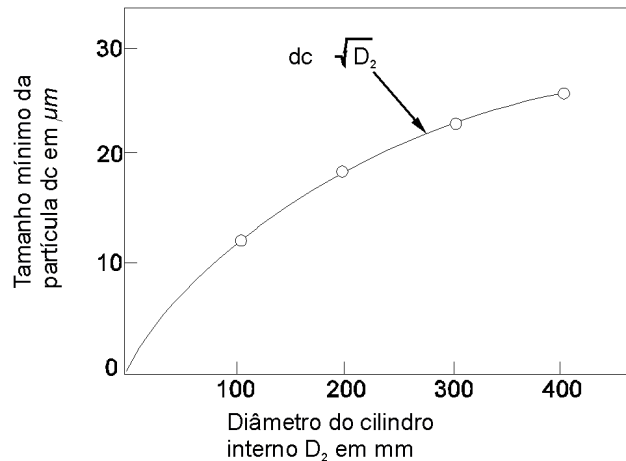


FIGURA 65 – DIÂMETRO DA PARTÍCULA X DIÂMETRO DO EXAUSTOR

Fonte: MITI (1988)

CARACTERÍSTICAS

O ciclone do tipo centrífugo tem como vantagens sua estrutura simples, ser um equipamento barato com fácil manutenção para perdas de pressão menores ou iguais a 11 mm Hg, sendo indicado também para coletar partículas na ordem de grandeza de alguns micra.

1. TIPO TANGENCIAL

A velocidade do ar a ser tratado, na entrada, varia entre 7 a 15 m/s. Embora o diâmetro mínimo da partícula a ser coletada por esse ciclone varie de acordo com as várias propriedades do ar e da poeira (gravidade, viscosidade, tamanho e quantidade), o fator mais importante é o diâmetro do tubo de exaustão. O tipo tangencial é utilizado principalmente para pequenas quantidades de ar, visando um tratamento uniforme a este ar.

2. TIPO AXIAL

Também conhecido como hélice indutora. A velocidade do ar é normalmente 10 m/s. Ele é usado principalmente para grandes volumes de ar, já que comparado com o tipo tangencial pode tratar três vezes o mesmo volume com a mesma perda de pressão e uma boa distribuição do ar. O Axial do tipo inverso é utilizado com a perdas de pressão entre 80 a 100 mm Aq com resultados similares ao do tipo convencional.

O do tipo direto se caracteriza por uma perda de pressão entre 40 a 50 Aq e por ser ideal para ser instalado em pequenas áreas. Mostra-se adequado para coletar pequenas quantidades de ar.

5.2.2.3 Coletor de poeira por filtração

O coletor de poeira separa e coleta partículas com a passagem do ar sujo por um filtro que pode ser de dois tipos: interno ou de superfície. As figuras 66 e 67 mostram esses dois tipos.

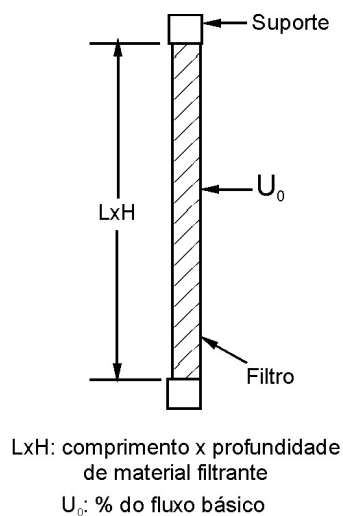


FIGURA 66 - FILTRO INTERNO

Fonte: MITI (1988)

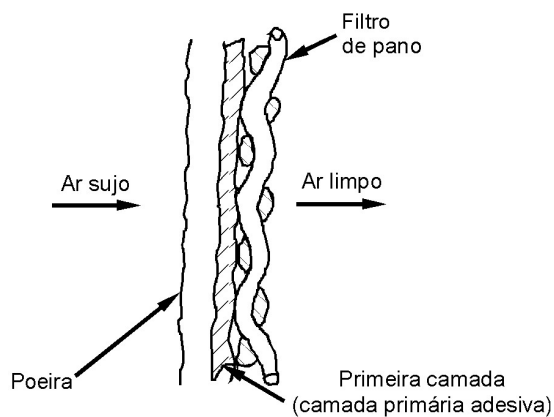


FIGURA 67 - SUPERFÍCIE FILTRANTE

Fonte: MITI (1988)

1. FILTRO INTERNO

Este filtro é feito de fibra de vidro, com os fios dispostos de maneira mais ou menos solta para permitir que as partículas se misturem no seu meio. São usados, geralmente, para separação de partículas radioativas.

2. FILTRO DE SUPERFÍCIE

Esse tipo coleta partículas na superfície do filtro, que normalmente é composto por pano ou papel. No mecanismo deste filtro, quando o ar sujo passa por ele as partículas ficam presas junto a superfície do tecido, havendo a formação de uma camada inicial, chamada de camada adesiva primária. Esta camada varia de acordo com a concentração de poeira contida no ar, e é formada em questão de segundos até minutos, daí a utilização desse tipo de filtro para partículas finas, de até $0,1 \mu$.

A figura 68 mostra um exemplo desse filtro. Seu formato normalmente é cilíndrico, com 15 a 30 cm de diâmetro, mas existem também os filtros em formato de disco.

O material (pano) utilizado varia muito de acordo com a resistência ao calor, as partículas ácidas, as alcalinas e resistência mecânica. Portanto, de acordo com a propriedade das partículas a serem filtradas utilizam-se os vários tipos de pano.

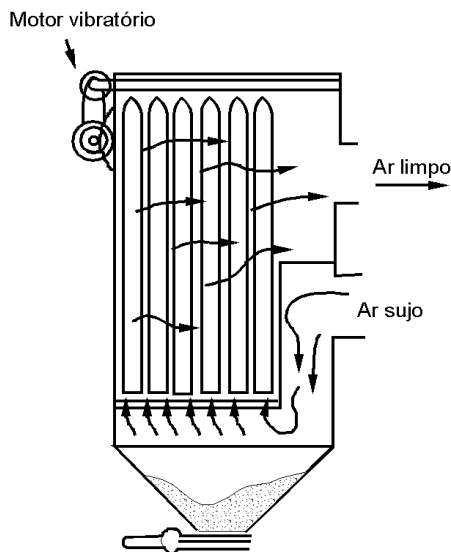


FIGURA 68 - FILTRO DE SACO (DO TIPO VIBRATÓRIO)

Fonte: MITI (1988)

CARACTERÍSTICAS

Basicamente estes filtros se dividem em dois tipos:

1. TIPO INTERMITENTE

Este sistema funciona com várias câmaras de coleta de pó, cada uma com vibração independente. Normalmente são adotados os do tipo fluxo de ar reverso e fluxo de ar reverso com vibração.

2. TIPO CONTÍNUO

Esse sistema funciona com a vibração total no tecido do filtro sem a interrupção do ar a ser tratado. Os tipos mais comuns são: de jato reverso e jato direto.

A quantidade de poeira coletada num filtro de saco varia de acordo com a quantidade de ar a ser tratado, mas pode ser controlada através da velocidade da filtração. Quanto menor esta velocidade, que pode ser calculada pela fórmula abaixo, mais finas serão as partículas coletadas.

$$V_f = \frac{Q \cdot 100}{A}$$

Onde:

V_f - Velocidade de filtração (cm/s)

Q - Quantidade de ar tratado (m³/s)

A - Área total do filtro (m²)

Geralmente a velocidade oscila entre 0,3 e 10 cm/s, podendo coletar partículas de até 0,1 μ .

Um outro tipo de coletor é o Precipitador Eletrostático que separa e coleta a poeira através da força eletrostática, podendo coletar partículas de tamanho menor que 1 μ .

Os precipitadores eletrostáticos podem ser do tipo: de carga, eletrodo coletor, os via seca e via úmida ou o tipo fluxo de ar. Esse tipo de coletor tem um alto custo de instalação e sua operação requer um custo acima da média.

A tabela 25 mostra a comparação entre os coletores descritos, obtida da análise efetuada.

DENOMINAÇÃO	TAMANHO DA PARTÍCULA POSSÍVEL DE TRATAMENTO (μ)	ÍNDICE DE COLETA DE POEIRA (%)	CUSTO DE INSTALAÇÃO US\$	CUSTO OPERACIONAL
Câmara de sedimentação por gravidade	100 - 50	40 - 60	2.800,00	baixo
Ciclone (Tipo Centrífugo)	100 - 3	60 - 80	4.300,00	médio
Bag-Filter (Tipo Filtro)	20 - 0.1	90 - 99	5.200,00	acima de médio
Precipitador eletrostático	20 - 0.5	80 - 99	8.300,00	acima de médio

TABELA 25 – COMPARATIVO DA CAPACIDADE DOS COLETORES

Fonte: MITI (1988)

Observando-se a tabela, pode-se analisar inicialmente o aspecto relativo ao tamanho de partículas possíveis de tratamento. Os coletores por Gravidade e o Tipo Centrífugo apresentam limitações para serem utilizados na atividade em estudo, por possuírem limites para coleta de partículas muito pequenas. Durante o

desenvolvimento dos trabalhos foi coletado grande percentual de partículas com diâmetro inferior a $1,0\ \mu$ e os equipamentos citados apresentam capacidade de coleta apenas para partículas com diâmetro superior a $3,0\ \mu$.

Outro fator importante a ser observado é o índice de coleta de poeira. O sistema de bag-filter apresenta índice superior ao precipitador eletrostático, podendo chegar a quase 100% de eficiência na coleta, considerando-se ainda que pode segurar partículas com diâmetros de até $0,1\ \mu$. Com relação ao custo de instalação o bag-filter também apresenta vantagem sobre o precipitador eletrostático, sendo que apenas no fator custo operacional os dois coletores apresentam os mesmos índices.

Portanto, com base na análise efetuada e comparando-se com parâmetros obtidos no desenvolvimento desta pesquisa, pode-se afirmar que o coletor tipo bag-filter é o mais adequado para atender as necessidades da atividade em estudo.

C) MEDIDAS DE PREVENÇÃO À POEIRA NOS DEPÓSITOS DO PRODUTO FINAL

No tocante a prevenção contra a dispersão de poeira do depósito do produto mineral, deve-se atentar para o fato de que as medidas variam, em função, respectivamente, da quantidade do produto depositado, da área e do formato do depósito. Deve-se dar ênfase à prevenção contra a dispersão devida ao vento e contra a geração de poeira por ocasião do carregamento e do descarregamento.

CONFIGURAÇÃO DO DEPÓSITO

O local deve ser selecionado dando ênfase à influência do vento, principalmente quanto a velocidade e direção predominantes durante o ano. A altura do depósito deve ser a mais baixa possível. Porém, por outro lado, deve-se considerar que quanto mais baixo o depósito, maior a área ocupada. A configuração, de uma maneira geral, deve ser de seção cônica ou trapezoidal, conforme figura 69. A altura do depósito é determinada em função do volume de material e da área a ser ocupada.

Quando se faz necessário aspersão ou borrifamento de água para prevenção contra dispersão, é preciso considerar a capacidade destes equipamentos.

Podem-se admitir paredes laterais com altura entre 2 m e 5 m para aumentar a quantidade de material depositado, por unidade de área. No caso do depósito tipo trapezoidal existe a vantagem de diminuir a influência do vento, se comparado ao tipo cônico, devido à compactação da superfície superior.

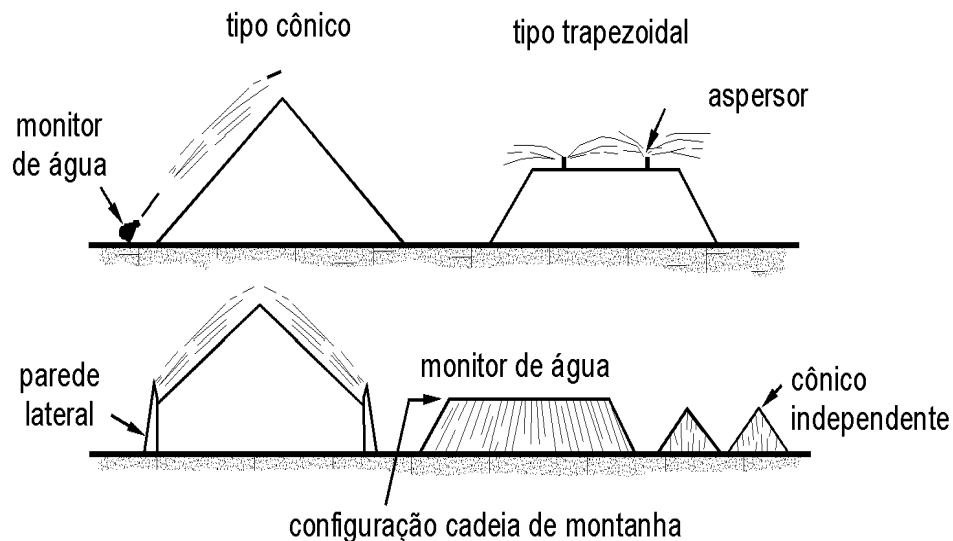


FIGURA 69 - ESPÉCIES DAS CONDIÇÕES DOS DEPÓSITOS

Fonte: IPCAJ (1992)

5.2.3 Equipamentos de Aspersão de Água

1 - ASPERSOR (*SPRINKLER*)

É utilizado no caso em que a quantidade do produto a ser depositado é pequena e, normalmente, é mais comum a sua utilização, instalando-o na proximidade do topo do produto depositado. A tubulação de fornecimento de água é instalada, geralmente, pela base do depósito, sendo feita em borracha, removível da base até o aspersor. O equipamento deve ser instalado em poste, conforme figura 70. A tabela 26 mostra a capacidade do “sprinkler”.

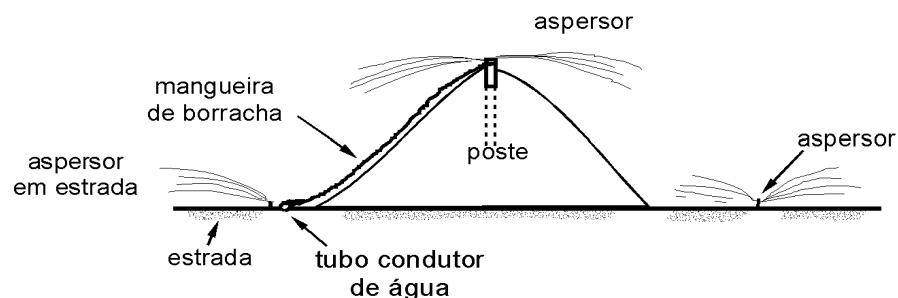


FIGURA 70 – SISTEMA DE ASPERSÃO

Fonte: IPCAJ (1992)

C (mm)	5.6		6.4		6.4		6.8		7.1	
P (Kg/cm ²)	RA (m)	QA (L/min)	RA (m)	QA (L/min)	RA (m)	QA (L/min)	RA (m)	QA (L/min)	RA (m)	QA (L/min)
2.8	14.93	33.4	15.20	39.5	15.50	43.7	15.80	46.4	16.11	55.5
3.2	15.20	35.7	15.80	41.0	16.11	46.4	16.41	49.8	16.41	58.9
3.5	15.80	37.6	16.11	43.3	16.41	49.0	16.72	53.2	16.72	6.9
3.9	16.11	39.5	16.41	46.7	16.72	51.7	17.02	57.0	17.33	65.4
4.2	16.41	41.4	16.72	48.6	17.02	54.0	17.33	60.0	17.63	68.4
4.6		43.4	17.02	50.9	17.33	56.2	17.63	61.6	17.93	71.4
4.9	17.02	44.8	17.33	53.2	17.63	58.5	17.93	63.5	18.24	74.1

LEGENDA: C - calibre, P - pressão, RA - raio de aspersão, QA - quantidade de água

TABELA 26 - EXEMPLO DA CAPACIDADE DO ASPERSOR (SPRINKLER)

Fonte: IPCAJ (1992)

2 - MONITOR DE ÁGUA (*RAIN GUN*)

No caso em que a quantidade do produto a ser depositada é grande e, além disso, a área do depósito é extensa, adota-se freqüentemente o método de aspersão de água por um monitor.

Como pode ser visto na figura 71 o equipamento tem a estrutura de tal forma que, ao mesmo tempo em que vai lançando a água, muda sucessivamente a sua própria posição de lançamento.

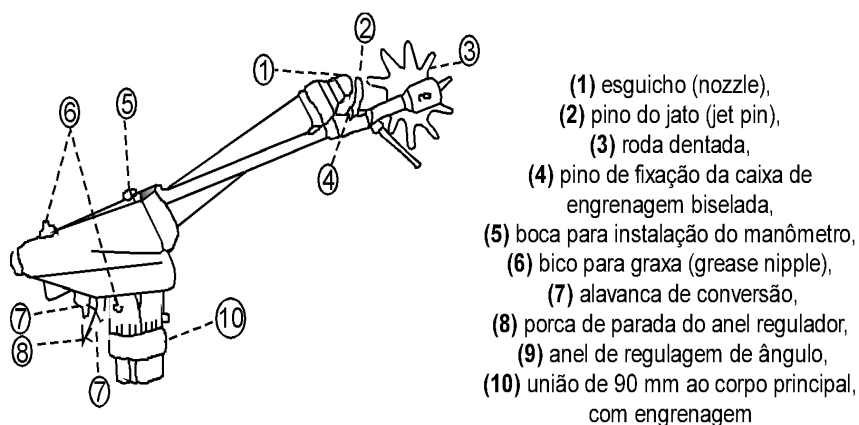


FIGURA 71 - EXEMPLO DA ESTRUTURA DO MONITOR

Fonte: IPCAJ (1992)

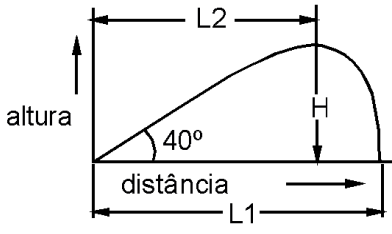
		P (Kg/cm ²)				
		C (mm)				
		5	6	7	8	9
 <p>altura</p> <p>40°</p> <p>distância</p> <p>L1</p> <p>L2</p> <p>H</p>	Q	558	610	660		
	L ₁	44	46	48		
	L ₂	34	36	38		
	H	11	13	15		
Q: quantidade lançamento (l/min)	Q	671	730	790		
	L ₁	45	47	49		
	L ₂	35	37	39		
	H	13	15	17		
H: altura máxima	Q	807	886	950		
	L ₁	46	48	50		
	L ₂	36	38	40		
	H	15	17	19		
L ₁ : distância máxima de alcance (m) (raio de aspersão)	Q	948	1038	1120	1195	
	L ₁	47	48	50	52	
	L ₂	36	38	40	41	
	H	16	18	20	22	
L ₂ : distância até a altura máxima (m)	Q		1200	1299	1385	1470
	L ₁		48	50	53	55
	L ₂		40	41	42	43
	H		18	20	22	24

TABELA 27 - EXEMPLO DA CAPACIDADE DO MONITOR (RAIN GUN)

Fonte: IPCAJ(1992)

Legenda: C - calibre, P – pressão

NOTA: altura da máquina 0 m; ângulo de aspersão 40° (em relação ao horizonte); forma de aspersão: ambas (circular total e leque).

Para umidificar o pátio e vias de trânsito, onde existe movimentação de máquinas e caminhões, poderá ser utilizado carro-pipa ou sistema de aspersão d'água conforme mostram as figuras 72 e 73. O redutor tipo cascata instalado nos extremos das correias transportadoras, diminuindo a altura de queda do minério, atenuará a dissipação da poeira.



FIGURA 72- SISTEMA DE UMIDIFICAÇÃO PARA PÁTIO DE MOVIMENTAÇÃO E VIAS DE ACESSO COM ASPERSÃO GIRATÓRIA.

Fonte: IPCAJ (1992)



FIGURA 73 - SISTEMA DE UMIDIFICAÇÃO PARA PÁTIO DE MOVIMENTAÇÃO E VIAS DE ACESSO COM ASPERSÃO FIXA.

Fonte: IPCAJ (1992)

Quando as medidas de proteção coletiva não forem suficientes, torna-se necessária a utilização de Equipamentos de Proteção Individual - E.P.I. adequados para cada função. É importante que a empresa faça uma seleção dos tipos mais adequados e estabeleça normas corretas para o seu uso, além de programa que conste manutenção, higienização e troca de filtros. Segundo a FUNDACENTRO (2002) para poeiras contendo sílica o respirador purificador de ar deve ser escolhido de acordo com o número de vezes que a concentração ultrapassar o limite de tolerância. Em alguns casos observou-se “quebra-galho”, ou seja, inadequada proteção, conforme apresentada na figura 74. Apesar da precariedade da situação exposta, a imagem evidencia que muitos trabalhadores procuram se proteger mesmo na falta de equipamento adequado.



FIGURA 74 - TRABALHADOR UTILIZANDO “UM ARRANJO” COMO PROTEÇÃO RESPIRATÓRIA.

Fonte: O autor

5.3 RUÍDO

Todo ambiente ruidoso deve ter seus níveis controlados, pois os trabalhadores estão expostos a um risco potencial que pode trazer prejuízo à sua saúde.

O controle poderá ser efetuado das seguintes maneiras: através da atenuação dos níveis existentes com medidas de controle na fonte de origem, na trajetória do ruído, ou por medidas de administração do pessoal (FUNDACENTRO, 1995).

CONTROLE NA FONTE

Poderá ser realizado de diversas formas, entre as quais as mais utilizadas são as seguintes:

- 1- Eliminar ou reduzir a vibração (aumentando a massa dos elementos vibrantes);
- 2- Munir de silenciadores as saídas de ar das válvulas pneumáticas;
- 3- Diminuir a rotação dos motores;
- 4- Utilizar acoplamentos flexíveis;
- 5- Melhorar o amortecimento.
- 6- Substituir máquinas e equipamentos
- 7- Usar absorvedores acústicos

Para a atividade em estudo, os métodos aplicáveis são os de número 2- nos marteletes e compressores, 6- por exemplo máquinas com cabines fechadas com ar condicionado e 7- por exemplo com revestimento nas peneiras.

Independente da aplicação de métodos de controle deve-se ter em prática um rigoroso programa de manutenção, pois, algumas vezes, vazamentos de linha de ar comprimido, ausência de lubrificação e falta de ajustes são fatores que implicam em um aumento nos níveis de ruído.

CONTROLE NA TRAJETÓRIA

Na impossibilidade de prevenir o ruído na origem ou quando a aplicação de medidas na fonte não são suficientes para a redução do ruído a níveis aceitáveis, deve-se analisar a viabilidade do controle ser efetuado no meio que o conduz.

Para tanto devem-se isolar as máquinas que produzem muitos ruídos, através de barreiras acústicas, enclausuramento da fonte geradora de ruído e/ou enclausuramento do trabalhador exposto.

CONTROLE NO PESSOAL

Quando tecnicamente não é viável controlar o ruído na fonte nem na trajetória, recomenda-se utilizar os meios de controle administrativos ou equipamentos de proteção individual.

A adoção de medidas administrativas, apesar de problemas práticos de implementação, deve ser considerada como alternativa e baseia-se no rodízio de pessoal entre locais com níveis de ruídos diferenciados de modo que a dose equivalente seja inferior a um, e a limitação no tempo de exposição diária permissível de forma a não ser excedido o limite de tolerância.

Os protetores auriculares devem ser utilizados quando os níveis de ruído não podem ser reduzidos por controles de engenharia e/ou administrativos, ou em caráter temporário até que outras medidas de ordem coletiva sejam adotadas. São essencialmente de dois tipos: **protetores de inserção** que devem ser colocados no interior do canal auditivo, e **protetores circum-auriculares**, também conhecidos por tipo concha, que cobrem totalmente o pavilhão auditivo (CORDELLINI, 1996).

Os protetores de inserção, devido ao ambiente poluído, podem causar infecção no ouvido, pela manipulação dos mesmos com as mãos sujas. Portanto deve ser fornecido o protetor tipo concha.

5.4 MEDIDAS A SEREM IMPLANTADAS NAS EMPRESAS ESTUDADAS

EMPRESA X

Para que haja melhora no sistema de controle de poeira deverá ser implantado sistema de umectação das vias de trânsito e pátios internos, além de manutenção periódica no sistema instalado e implantação de dispositivo que diminua o contato do material em queda com o vento, na extremidade da correia transportadora na pilha do material fino. Deve-se efetuar o plantio de vegetação composta preferencialmente de eucaliptos ou grevília a sudeste e noroeste da frente poluidora. Com relação ao Equipamento de Proteção Individual – EPI o respirador purificador deverá obedecer ao programa de proteção respiratória a ser elaborado pela empresa. Para o controle do ruído deverão ser instalados silenciadores nos marteletes e compressores; melhorar cabine de operação do britador primário e implantar revestimento nas peneiras. Os protetores auditivos deverão ser tipo concha e os trabalhadores necessitam serem instruídos para o uso destes.

EMPRESA Y

Nesta empresa será importante implantar sistema de névoa com bicos aspersores d'água no britador primário, nas partes laterais e posterior, instalar aspersão d'água nos pontos de transferência, molhar as vias de tráfego interno, implantar dispositivo que diminua o contato do material em queda com o vento, na extremidade da correia transportadora na pilha do material fino e efetuar plantio de vegetação a sudeste e noroeste da fonte poluidora, com eucaliptos ou grevília. Com relação aos EPIs adotar o sugerido para a Empresa X. Para o controle do ruído devem ser adquiridas máquinas com cabines fechadas (ar condicionado) e acatar as demais sugestões indicadas anteriormente para a Empresa X.

EMPRESA Z

Umidificar o material extraído antes de sua transferência do caminhão basculante, efetuar manutenção do sistema de controle de poeira já existente, realizar implantação de dispositivo que diminua o contato do material em queda com o vento, na extremidade da correia transportadora na pilha do material fino e implantar cortina arbórea à oeste da planta de britagem, dando preferência a eucaliptos ou bracatingas. Para os EPIs adotar as mesmas medidas sugeridas para as outras empresas. Com respeito ao ruído acatar as sugestões efetuadas para a Empresa X.

6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

6.1 CONCLUSÕES SOBRE O TRABALHO

O presente trabalho teve início a partir da hipótese que, as diferenças na composição química e mineralógica, além da morfoescopia das partículas nas litologias basáltica e gnaissicas determinaria valores diferenciados para a quantidade de sílica livre na poeira respirável, influenciando assim na agressividade desta para o sistema respiratório dos trabalhadores de pedreiras e dos habitantes de seu entorno. Além de que em função dessas diferenças a distribuição do tamanho das partículas na fração respirável e as concentrações de poeira para o ambiente de trabalho e o meio ambiente deveriam ser distintas e ultrapassar os limites de tolerância. Ao mesmo tempo foi avaliado o ruído no ambiente de trabalho, pois este parecia ser o segundo maior impacto em importância, e também deveria ter seus limites de tolerância máximos ultrapassados.

Através dos dados obtidos em campo e em laboratório e da análise dos resultados as hipóteses formuladas foram amplamente verificadas.

As análises químicas efetuadas mostraram que as rochas das pedreiras estudadas apresentam uma composição típica para suas litologias, conforme seria desejado para o presente estudo. Os valores de SiO_2 para o basalto, nas amostras das frentes de lavra apresentam-se em média 50%. Para o gnaiss o valor médio foi de 68%. Porém não significa, é claro, que tudo seja sílica livre.

Quanto ao teor de SiO_2 na fração respirável de poeira pode-se constatar que no basalto o maior valor obtido foi 3,8%, provavelmente em decorrência do material de preenchimento das amígdalas que ocorrem no topo do derrame ou da ruptura da rocha na britagem. Enquanto no gnaiss, praticamente todos os valores encontram-se acima de 10%. Deve-se salientar que em conformidade com a literatura, o risco de formação de nódulos silicóticos (silicose clássica) está relacionado com a poeira que contém mais de 7,5% de sílica livre, que é o caso do gnaiss. Para poeiras com

valores menores, conforme obtidos para o basalto, é provável a ocorrência de pneumoconioses por poeira mista.

Quanto a morfoscopia o gnaïsse apresenta nitidamente partículas com forma mais irregular e fibrosa, o que pode ser evidenciado pelo tratamento estatístico dos índices que foram aqui propostos para quantificar essas feições.

Quanto a granulometria o percentual de partículas com tamanho propício à deposição nos brônquios e alvéolos, estas se apresentam em número superior no gnaïsse, quando comparado as do basalto.

Segundo os resultados obtidos para os fatores avaliados, teor de sílica, forma, tamanho e concentração, pode-se concluir que a poeira respirável proveniente do gnaïsse é mais prejudicial para o sistema respiratório que a poeira de basalto

Os valores para concentração de poeira no meio ambiente do entorno das pedreiras X e Y, produtoras de brita a partir do basalto, com exceção de apenas um deles, apresentaram-se acima dos padrões estabelecidos pela Resolução CONAMA 03/1990.

Para os ambientes de trabalho 33% da poeira respirável na empresa X, 50% na empresa Y e 50% na empresa Z, produtora de brita a partir do gnaïsse, mostraram-se acima do limite de tolerância aceitável para o trabalhador de acordo com a Norma Regulamentadora 15, em seu anexo 12, aprovada pela Portaria 3214 de 08/06/1978 do Ministério do Trabalho.

Os dados levantados para o ruído, no ambiente de trabalho, mostram que o sistema auditivo dos trabalhadores poderá ser afetado considerando-se os níveis de pressão sonora detectados. Porém, isso deverá ser melhor desenvolvido em trabalhos futuros.

6.2 CONCLUSÕES SOBRE A METODOLOGIA UTILIZADA

O trabalho requisitou uma revisão bibliográfica sobre o assunto tendo sido seguida pelas seguintes etapas: reconhecimento de campo, quando foram definidos as

empresas e trabalhadores para o levantamento ambiental; avaliação dos agentes ambientais em estudo, com a utilização de equipamentos para avaliação do meio ambiente de trabalho e equipamentos próprios para avaliação do meio ambiente propriamente dito; análise dos agentes ambientais realizadas pelos laboratórios da Fundacentro, Lamir/UFPR, Lactec e DNPM/SP que são referências nacionais. Os critérios utilizados na avaliação e análise obedeceram ao estabelecido em normas e legislação nacional e internacional.

A presente pesquisa tratou do estudo comparativo dos dois tipos de rochas mais utilizadas na produção de brita no Paraná e incluiu, além do cálculo das concentrações de poeira e teor de sílica, estudos relativos ao tamanho e forma das partículas, pois ambos são parâmetros que têm influência expressiva no desenvolvimento de doenças pulmonares pelos trabalhadores.

O trabalho não se limitou a avaliar apenas o material particulado no meio ambiente de trabalho. Foram efetuados levantamentos da concentração de poeira para o meio ambiente em decorrência das atividades nas pedreiras de basalto pois elas se situam em regiões habitadas, além da avaliação dos níveis de pressão sonora para o ambiente de trabalho e o meio ambiente.

Pode-se observar que os objetivos foram alcançados e, a partir dos resultados obtidos, pode-se efetuar recomendações para melhoria das condições de trabalho e interferência da atividade para o meio ambiente.

6.3 RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Sugere-se a execução de trabalhos futuros com relação a cada um dos tópicos a seguir descritos, já abordados na presente tese, direcionados e aprofundados de forma a obter uma abordagem completa da atividade em questão:

- Estudar a composição química percentual das substâncias presentes na poeira referente ao meio ambiente;

- Detalhar o estudo morfoscópio das partículas de poeira com microscopia eletrônica de varredura;
- Levantar a pluma de dispersão de poeira nas áreas dos entornos;
- Realizar novas medidas e estudos de campo, bem controlados quanto às situações micrometeorológicas presentes;
- Realizar avaliação clínica dos trabalhadores com respeito a exames pneumológicos e audiométricos, determinando-se a influência da poeira e do ruído para o organismo dos trabalhadores.

Os dados sobre poeira obtidos neste trabalho poderão contribuir para o Programa Nacional de Eliminação da Silicose desenvolvido por instituições do governo e não governamentais, com apoio da OIT/OMS.

Finalmente recomenda-se que as atividades mineradoras sejam desenvolvidas de forma que não proporcionem danos à saúde dos trabalhadores e ao meio ambiente. Para tanto se faz necessário um esforço conjunto com a adoção de métodos de trabalhos adequados por parte das empresas, com os trabalhadores cumprindo as normas estabelecidas e participando ativamente das discussões sobre melhoria do ambiente de trabalho. Associe-se a isto, a necessidade do governo manter o incentivo ao setor mineral, através de linhas de crédito especiais, além de dotar os órgãos de fiscalização de infra-estrutura necessária ao desempenho de suas funções de forma técnica e cientificamente correta, abrangendo a totalidade das empresas, para não penalizar somente determinadas categorias de empreendimentos.

REFERÊNCIAS

ALGRANTI, E. et al - Sistema respiratório. In: Patologia do trabalho. Rio de Janeiro, 1995. p. 89-137.

ALGRANTI, E.; CARNEIRO, A. P. S. **Exposição à sílica e silicose**. São Paulo: Fundacentro. 2002. Apresentado no Curso de Prevenção da Silicose.

ALMEIDA, I. T. **A poluição atmosférica por material particulado na mineração a céu aberto**. São Paulo, 1999. 194 f. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo.

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS - ACGIH. **Limites de exposição (TLVs) para substâncias químicas e agentes físicos e índices biológicos de exposição (BELs)**. Tradução: Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais. Campinas, 2001.

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. **Methods of air sampling and analysis**. ed. Washington. 1972. 26 p.

ANGELINI, F; MIORE, G. **Estatística geral**. São Paulo: Atlas, 1993 v.2.

AQUINO, J. D. **Considerações críticas sobre a metodologia de obtenção e coleta de dados de acidentes do trabalho no Brasil**. São Paulo, 1996. 110 f. Dissertação (Mestrado). USP.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR-7211: agregado para concreto. Rio de Janeiro, 1983.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. - **Coletânea de normas de mineração e meio ambiente**. Rio de Janeiro, 1993. 57p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. NBR-10151: avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. São Paulo, 2000.

AZEVEDO, R. et al. **Avaliação preliminar dos problemas causados pela mineração no meio ambiente no Estado de São Paulo**. São Paulo: [s.n.], 1987. 41p.

BAGATIN, E. et al. Influência do tempo de exposição à sílica e do tabagismo sobre a função pulmonar de trabalhadores na indústria cerâmica e de pedreira. Rev. Assoc. Méd. Bras; v.37, n.2, p. 85-90, abr. jun 1991. Resumo. Disponível em <<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/bvsSP>> Acesso em: 03/2003

BARNE, M.; URSU, P. **Pollution et protection de l'atmosphère**. Paris: Editions Eyrolles. 1974. 307p.

BARREIROS, D. - Estudo das condições de segurança em pedreiras. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, São Paulo, v.46, p.40 - 48, 1984.

BASTARACH, E. **Silicose et déspitage**. Disponível em:
<<http://digitalfire.com/education/toxicity/silise.ht>> Acesso em: 25/02/2003.

BON, A. M. T. **Sílica**. São Paulo: Fundacentro, 2002. Apresentado no Curso de Prevenção de Silicose.

BRAILE, V. **Poluição do ar causado pela operação de pedreiras no Município do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: [s.n.], 1988. 14 p.

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM. **Manual de equipamentos para o controle da poluição na mineração**. Brasília. 1985a. v.1.

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM. **Coletânea de trabalhos técnicos sobre controle ambiental na mineração**. Brasília, 1985_b. 376 p.

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM. **Comparação dos padrões de meio ambiente entre Brasil e Japão**. Brasília, 1985c. 43 p. Relatório.

BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral - DNPM. **Anuário Mineral Brasileiro**. Brasília. 2001. 457p.

BRASIL. Ministério da Previdência e Assistência Social - MPAS. **Metodologia para cálculo de indicadores de acidentes do trabalho e ranking dos ramos de atividade, ocorrências segundo a frequência, a gravidade e o custo dos acidentes de trabalho**. Brasília. 2000. Disponível em:
<<http://www.previdenciasocial.gov.br/estatistica>> Acesso em: nov/2002.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego - MTE. **Anuário estatístico de acidentes do trabalho**. Brasília. 2002a.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego - MTE. **Portaria 3214 de Julho 1978. Normas regulamentadoras de segurança e saúde no trabalho. NR15**. Disponível em <<http://www.tem.gov.br/temas/segsau/legislação/normas/default.asp>> Acesso em: out/2002. 2002_b.

BRASIL. Departamento Nacional de Estradas e Rodagem - DNER; Instituto Militar de Engenharia -IME. **Projeto de ampliação da capacidade rodoviária das ligações com os países do mercosul**. Brasília, 2001. 44p. Relatório técnico. Disponível em:
<www.ime.eb.br/dner/pba/tomo1/7controledematerialparticuladogaseseruidos.pdf> Acesso em: 03/2003

CALZAVARA, E. **Ferro no Paraná**. Curitiba: Secretaria Indústria e Comércio, 1978. 40p. Relatório técnico

CARNEIRO, A. P. S. **Silicose: Perfil de 326 pacientes expostos à sílica atendidos ambulatorialmente**. B. Horizonte: HC-UFMG.2001.15p.Relatório técnico.

CASTRANOVA, V. et al. Enhanced pulmonary response to the inhalation of freshly fractured silica as compared with aged dust exposure. Appl. Occup. Environ. Hyg. v.11, n.7, p.44-51, July 1996.

CENTRO METROPOLITANO DE APOIO A SAÚDE DO TRABALHADOR - CEMAST. **Acidentes de trabalho na macro região de Curitiba**. Curitiba, 1996. Relatório.

CHILE. Ministerio de Salud. **Resolución 1215**. Normas de Calidad Del Aire.1978. Disponível em: <<http://www.conama.cl/rm/568/article-1103.html>> Acesso em: 09/04/2003.

COLETA, J. A. D. **Acidentes de trabalho**. São Paulo: [s.n.], 1991.151 p.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL - CETESB. **Material particulado em suspensão na atmosfera**-Determinação da concentração utilizando o amostrador de grandes volumes. L8.010. São Paulo, 1985.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resoluções do CONAMA**. Brasília, 1996. 96 p.

COORDENAÇÃO DA REGIÃO METROPOLITANA DE CURITIBA - COMEC. **Planta Cartográfica da Região Metropolitana de Curitiba**. Curitiba, 1978. 01 mapa.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE - CONAMA. **Resoluções 302 e 303 de 20 de março de 2002**. Brasília. 2002. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02res30302.html>> Acesso em: 04/2003.

COMPANHIA PARANAENSE DE ENERGIA ELÉTRICA - COPEL. **Mapa de Potencial Eólico do Estado do Paraná**. Curitiba, 1999. 01 mapa.

CORDELLINI, R. **Programa de conservação auditiva**: Diretrizes básicas. São Paulo: [s.n.], 1996. p. 01-06. Apostila.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. **Geomorfologia do Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1998. 392p.

DAITX, E. C. **Monitoramento de problemas ambientais na produção de brita em áreas urbanas: Efeitos da vibração, ruído e poluição atmosférica**. Rio Claro: UNESP, 1998.28p. Projeto de Pesquisa.

DE CAPITANI, E. M. et al. Toxicologia da sílica. J Pneumol. v.22, n.4, p.185-194. Jul/Ago. 1996.

DE LUCA, S. R. Os acidentes de trabalho no Brasil- Algumas implicações de ordem econômica, social e legal. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, v.22, n.81, p.07-19. 1994.

DIAS, M. V. **Consideração sobre as atividades mineral na Região Metropolitana de Curitiba**. Curitiba: Mineropar, 1993. 20p. Relatório Técnico.

DIESEL, F. Os acidentes do trabalho nas atividades econômicas. Revista CIPA. São Paulo, 1997. p.48-71.

DOWN, C. G.; STOCKS, J. **Environmental impact of mining**. London: Applied Science Publishers, 1978. 371 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Paraná**. Londrina, SUDESUL/EMBRAPA/IAPAR. 1984. 2v.

EMPRESA PAULISTA DE PLANEJAMENTO METROPOLITANO - EMPLASA. **Pedreiras em áreas urbanas: Importância e efeitos**. São Paulo, 1987. 64 p.

ENSINK, T. Dust supression and environment. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO SOBRE TÉCNICAS EXPLORATÓRIAS EM GEOLOGIA. **Anais**: São Paulo: [s.n.], 1987. p.647-658.

ERTHAL, F. Mineração em áreas urbanas: O caso de pedreiras da Região Metropolitana do Rio de Janeiro e seus desdobramentos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Rio de Janeiro, 1984. **Anais**: Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Geologia, 1984. p.5107-5115.

FONSECA, F. Os efeitos da mineração sobre o meio ambiente. Brasil Mineral. São Paulo, Especial: 74-80, outubro. 1989.

FONTANA, R. A. **Os terrenos fluviais da bacia do rio Passaúna (Pr) e suas relações cronoestratigráficas e arqueológicas**. Curitiba. 1988. 110p. Monografia. UFPR.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE - FUNASA. **Pneumoconioses: Aspectos epidemiológicos**. Disponível em: <http://www.funasa.gov.br/guia_epi/htm/doencas/pneumoconioses> . Acesso em: 11/03/03.

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO - FUNDACENTRO. **Avaliação da exposição ocupacional a aerodispersóides**. NHT-02 A/E. São Paulo. 1984.

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO - FUNDACENTRO. **Avaliação da exposição ocupacional à poeiras na Cia Paraíba de Cimento Portland.** São Paulo, 1992. 24p. Relatório.

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO - FUNDACENTRO. **Riscos físicos.** São Paulo, 1995. 112p

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO - FUNDACENTRO. **Avaliação da exposição ocupacional ao ruído.** NHO/01. São Paulo: 2001.

FUNDAÇÃO JORGE DUPRAT FIGUEIREDO DE SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO - FUNDACENTRO. **Programa de proteção respiratória.** Recomendações, seleção e uso de respiradores. São Paulo, 2002. 127p.

FRANCO, A. R. Silicose pulmonar nos trabalhadores em pedreiras. **Revista Saúde Ocupacional.** São Paulo, v. 6, n. 23, p. 21-58, jul/ago/set 1978.

FREITAS, J. B. P. et al. Avaliação de ambientes de trabalho em trabalhadores expostos a poeira de sílica e fibras de asbesto. **Rede.** São Paulo, v.3, p.108-126, 1998. Edição especial.

GERGES, S. N.Y. **Ruído: Fundamentos e controle.** Florianópolis: [s.n.], 1992. 600 p.

GOELZER, B. I. F. **Introdução à tecnologia de controle em saúde ocupacional.** Curitiba: [s.n.] 2000. Apresentado no Curso de Prevenção e Controle de Riscos/Poeira/Seminário Internacional sobre Exposição à Sílica.

GOLDSTEIN, J. I. et al. **Scanning electron microscopy and X-Ray microanalysis.** New York: Plenum Press, 1992.

GUIDUELI, M. M. B. A problemática ambiental das atividades de mineração à céu aberto. **Revista Geográfica,** São Paulo, n.4, p.69-73, 1985.

HAWARD, J. K.; TYRER, F. H. **Textbook of occupational medicine.** Edinburgh: Churchill Livingstone, 1987.

HESSEL, P. A. et al. Sílica, silicosis, and lung cancer: a response to a recent working group report. Journal of Occupational and Environmental Medicine; v.42, n.7, p704-720, july. 2000. Disponível em: <<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/bsvsSP/>> Acesso em: 03/2003.

IMAGE-PRÓ. The Proven Solution for Image Analyses. Image-Pró Plus Version 1.3 for Windows. Reference Guide. Medic Cybernetics. USA.1995

INSTITUTO AMBIENTAL DO PARANÁ - IAP. **Relatório da qualidade do ar na região metropolitana de Curitiba.** Curitiba. 2001. 46 p. Relatório técnico.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ- IAPAR. **Condições climáticas da região de Londrina.** Londrina. 2001. Disponível em: <<http://www.Londrina.pr.gov.br/planejamento/perfil-2001/e-características.php3>> Acesso em: 10/2003.

INSTITUTO AGRONÔMICO DO PARANÁ - IAPAR. **Direção predominante do vento (Frequência Média Anual).** Curitiba. 2003. Disponível em: <http://www.pr.gov.br/iapar/sma/Cartas_Climáticas/Rosa_dos_Ventos.jpg> Acesso em 10/2003.

INDUSTRIAL POLLUTION CONTROL ASSOCIATION OF JAPAN - IPCAJ. **Dust noise and vibration.** Tokyo, 1992. 310 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Planta Cartográfica do Estado do Paraná.** Rio de Janeiro, 1990. 01 mapa.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO - IBRAM. **Mineração e meio ambiente: impactos previsíveis e formas de controle.** Belo Horizonte, 1984. 63 p.

INSTITUTO PARANAENSE DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL - IPARDES. **Indicadores e mapas temáticos para o planejamento urbano e regional - Paraná.** Curitiba. 2002. CD – Rom.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. **Alterações no meio físico decorrentes de obras de engenharia.** São Paulo, 1992. 165 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT. **Auditoria ambiental: uma proposta para empreendimentos mineiros.** São Paulo, 1996. 118 p. Boletim 69.

INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER - IARC. **Sílica some silicates coal dust and Para-Aramid fibrils.** Lyon: [s.n.], 1997. IARC monographs on the evaluation of the carcinogenic risk of chemicals to humans, V.38

LUZ, V. S.; MARTONI, A. A. M. **Estimativa do risco ocupacional em pedreiras na região de Maringá.** Maringá, 2000. Monografia Curso engenharia de segurança. UEM. Resumo. Disponível em: <<http://www.doc.uem.br/eventos/enteca2000/artigos/e2000-4>> Acesso em: 04/2003

MAACK, R. **Geografia física do Estado do Paraná.** Curitiba: Banco de Desenvolvimento do Paraná, 1968.329p

MACEDO, R. **Manual de higiene do trabalho na indústria.** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1988. 517 p.

MINERAIS DO PARANÁ S.A - MINEROPAR. **Programa levantamento das potencialidades minerais dos municípios** – Londrina. Curitiba, 1990. 70p.

MINERAIS DO PARANÁ S.A - MINEROPAR. **Boletim estatístico da produção mineral do Paraná.** Curitiba, 1993. 41 p.

MINERAIS DO PARANÁ S.A - MINEROPAR. **Oportunidades com negócios de mineração - Sul do Terceiro Planalto.** Curitiba, 1998. 26p.

MINERAIS DO PARANÁ S.A - MINEROPAR. **Perfil da indústria de agregados.** Curitiba, 1999. 76p.

MINERAIS DO PARANÁ S.A - MINEROPAR. **Projeto riquezas minerais avaliação do potencial mineral.** Ibiporã. Curitiba, 2001. 40p.

MINISTRY OF INTERNATIONAL TRADE AND INDUSTRY - MITI. - **Technology and regulations for air pollution Control.** Japão, 1988.

MINISTRY OF INTERNATIONAL TRADE AND INDUSTRY - MITI - **Mine standards concerning noise and vibrations.** Japão, 1992. 33 p.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO - OIT. **Guia para la prevención y la supresión del polvo en las minas, los túneles e las canteras.** Genebra: [s.n.], 1965. v. 1, 107 p.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO - OIT. **Exposición profesional a substancias nocivas en suspensión en el aire.** Genebra: [s.n.], 1980. 48 p.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO - OIT: **Proteccion de los trabajadores contra el ruido y las vibraciones en los lugares de trabajo.** Genebra: [s.n.], 1977. 79 p.

OLIVEIRA, D. S. **Acidentes do trabalho: considerações gerais.** Rio de Janeiro, 2001. Disponível em <<http://www.femperj.org.br/artigos/acide/aa01.htm>> Acesso em: mar/2003.

ORSINI, E. M. Q. et al. **Impactos atmosféricos de usinas termoeletricas a resíduos sólidos.** São Paulo: USP, 1996. 35p. Relatório técnico.

PAES, M. T. Crescimento populacional e desigualdades nas áreas urbanas. Revista Geográfica, São Paulo, n.4, p. 75-8, 1985.

PERRY, R. H. ; CHILTON, C.P.H. **Manual do engenheiro químico.** 5.ed. Rio de Janeiro. Guanabara. 1980. 463p.

PESSOA, M. L. O fator social como um dos principais responsáveis pelo número de acidentes do trabalho. Revista Brasileira de Saúde Ocupacional, São Paulo, p.38-46, 1992.

PINHEIRO, T. T. **Necessidade e importância dos agregados para a indústria da construção civil no Brasil.** São Paulo: [s.n.], 1989. Apresentado no Seminário Internacional sobre Mineração em Áreas Urbanas.

PIZA, F. Os acidentes do trabalho nas atividades econômicas. Revista CIPA. São Paulo, 1997. p.48-71.

RATTON, G. **Aspectos ambientais na elaboração do plano de aproveitamento econômico**. Belo Horizonte: [s.n.], 1989. 11p.

RIBEIRO, J. T. M. **Curso básico sobre medição, prevenção e controle da poluição na mineração (poeira e ruído)**. São Paulo: DNPM, 1995. 28p.

RUEGG, N. R. **Aspectos geoquímicos, mineralógicos e petrográficos de rochas basálticas da Bacia do Paraná**. São Paulo, 1969. Tese (Doutorado). Inst. de Geociências. Universidade de São Paulo.

SANCHEZ, L. E. Avaliação do impacto ambiental na mineração. Brasil Mineral, São Paulo, n.48, p.116-121, nov/1987.

SANCHEZ, L. E.; DIAS, E. G. **A participação pública versus os procedimentos burocráticos no processo de avaliação de impactos ambientais de uma pedreira**. Revista Administração Pública; v.33, n.4, p.81-91, jul/ago 1999. Resumo. Disponível em: <<http://bases.bireme-bin/wxisind.exe/bvsSP/>> Acesso em: fev/2003.

SANTOS, A. M. A. **O tamanho das partículas de poeira suspensas no ar dos ambientes de trabalho**. São Paulo: Fundacentro, 2001. Adaptação da dissertação de mestrado apresentada no curso de Pós-Graduação em Engenharia de Minas e Metalurgia da UFMG.

SANTOS, W. J. **Recuperação de áreas mineradas: Um enfoque preventcionista para mineração**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA; 6., Pará, 1988. Anais... Belém, 1988. p.1983-1988.

SARTORELLI, E. **Broncopneumopatie da silicati e da calcare**. Itália: Milão [s.n.], 1982. 30p. Relatório técnico.

SATHLER, G. et al. **O licenciamento ambiental de empreendimentos de mineração-Sugestão de procedimentos**. Manaus: [s.n.] 1987. Apostila.

SIGA JÚNIOR, O. et al. O Complexo Atuba. Bol. IG-USP, Série Cient., n.26, p. 69-98, 1995.

SILVA, L. A. T.; ARAÚJO NETO, E. Revegetação nos empreendimentos minerários do Vale do Paraíba Paulista. Revista Areia & Brita, São Paulo, n.19, p.17-27. jul/set 2002.

SOUNIS, E. - **Manual de higiene e medicina do trabalho**. São Paulo: McGraw-Hill, 1991. 496p.

SPSS, Inc. (1994). SPSS Windows user's guide. New York: MacGraw Hill.

SUBHASHINI,A.S.; SATCHIDHANANDAM, N. Maximal expiratory flow volume curve in quarry workers. Indian J Physiol Pharmacol; v.46,n.1, p.78-84. Jan/2002. Disponível em: <<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/bvsSP/>> Acesso em: 04/2003.

VALVERDE, F. M. Agregados para construção civil. Balanço Mineral Brasileiro. Brasília. DNPM. 2001/2002.

LEGISLAÇÃO

A utilização racional dos recursos minerais do País, permitindo, de um lado, o seu aproveitamento, com o objetivo de promover o bem-estar social e o desenvolvimento econômico, e preservando, de outro lado, a sua integridade diante das ações poluidoras e predatórias de seu uso indiscriminado, constitui-se em responsabilidade prioritária do Governo.

Administrar corretamente o potencial de ar, água, solo, subsolo, flora e fauna significa assegurar, para a atual geração e para os nossos descendentes, padrões de qualidade de vida condizentes com os altos objetivos nacionais e possibilitar, entre outros aspectos, a ocupação efetiva e permanente do território brasileiro, e a exploração planejada daqueles recursos de valor econômico, e o levantamento e estudo, em tempo hábil, do patrimônio vivo ou inerente à natureza do Brasil.

Segundo SATLER (1987) o licenciamento ambiental das atividades poluidoras ou modificadoras do meio ambiente é o principal instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente, instituída pela Lei Federal nº 6938 de 31 de agosto de 1981, pois é através dele que a ação governamental será exercida.

Conforme o Artigo 18 de Decreto nº 88.351 de 1º de junho de 1983, “a construção, instalação, ampliação e funcionamento de estabelecimento de atividades utilizadoras de recursos ambientais, consideradas efetiva ou potencialmente poluidoras, bem como os empreendimentos capazes, sob qualquer forma, de causar degradação ambiental, dependerão de prévio licenciamento ambiental do órgão estadual competente, integrante do SISNAMA, sem prejuízo de outras licenças legalmente exigíveis”.

Assim, por ser a mineração uma atividade que utiliza os recursos ambientais estará obrigada ao licenciamento ambiental, que estão especificados no Artigo 20 do Decreto nº 88.351/83. São três os tipos de licenças ambientais a serem obtidas:

“I – Licença Prévia (LP), na fase preliminar do planejamento da atividade, contendo requisitos básicos a serem atendidos nas fases de localização, instalação e operação, observados os planos municipais, estaduais ou federais de uso do solo;

II – Licença de Instalação (LI), autorizando o início da implantação, de acordo com as especificações constantes do projeto executivo aprovado;

III – Licença de Operação (LO) autorizando, após as verificações necessárias, o início da atividade licenciada e o funcionamento de seus equipamentos de controle de poluição, de acordo com o previsto nas Licenças Prévia e de Instalação”.

Ainda como instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente foi instituído o Relatório de Impacto Ambiental - RIMA, através da Lei nº 6938/81, em seu Artigo 9º, inciso III, que tem como objetivo a realização de estudos destinados a identificar e interpretar, além de prevenir, os efeitos que ações ou projetos possam causar a saúde, ao bem estar humano e ao meio ambiente.

A resolução CONAMA nº 001 de 21 de janeiro de 1986, regulamenta, a nível federal, a realização de Estudos de Impacto Ambiental e a apresentação do respectivo Relatório de Impacto Ambiental- RIMA, fixando seus critérios básicos e diretrizes gerais.

Conforme SILVA (2002) outra ação estabelecida pela Política Nacional do Meio Ambiente é a recuperação de área degradada, conforme Artigo 2º, inciso VIII, da Lei Federal nº 6938/81. A Constituição Brasileira, promulgada em outubro de 1988, especifica no parágrafo 2º do artigo 225 que “aquele que explorar recursos minerais fica obrigado a recuperar o meio ambiente degradado, de acordo com solução técnica exigida pelo órgão público competente, na forma da lei”. Essa exigência diferencia a atividade de mineração das outras atividades econômicas.

O Decreto Federal nº 97632 de 10/04/89 trouxe a regulamentação da recuperação da área minerada, estabelecendo que:

- a) os novos empreendimentos, quando da apresentação de seus estudos ambientais visando o licenciamento, deverão submeter à aprovação do órgão ambiental o Plano de Recuperação de Área Degradada - PRAD;
- b) os empreendimentos existentes deverão apresentar ao órgão ambiental competente, em 180 dias, o PRAD;

- c) são considerados como degradação os processos resultantes dos danos ao meio ambiente, pelos quais se perdem ou se reduzem algumas de suas propriedades, tais como a qualidade ou capacidade produtiva dos recursos ambientais.

Na impossibilidade de reconstituição à condição original após as atividades minerárias, esse mesmo decreto dispõe que: “A recuperação deverá ter por objetivo o retorno do sítio degradado a uma forma de utilização, de acordo com um plano pré-estabelecido para o uso do solo, visando a obtenção de uma estabilidade do meio ambiente”.

Há dois aspectos a ser considerados. Um deles trata da legislação com seus parâmetros estabelecidos para o meio ambiente e, o outro, refere-se aos padrões para o ambiente de trabalho.

LEGISLAÇÃO NACIONAL

PARA O MEIO AMBIENTE

Poluição Atmosférica

Através da Portaria Normativa Nº. 348 de 14/03/90 o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente - IBAMA estabeleceu os padrões nacionais de qualidade do ar, ampliando o número de parâmetros anteriormente estabelecidos pela Portaria Nº. 231 do Ministério do Interior de 27/04/76.

Os padrões estabelecidos pelo IBAMA foram submetidos ao Conselho Nacional do Meio Ambiente - CONAMA e transformados na Resolução CONAMA Nº. 03/90.

São estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar: os primários e secundários.

I. PRIMÁRIOS

São definidos como padrões primários de qualidade do ar valores de concentrações de poluentes que ultrapassados poderão afetar a saúde da população. Podem ser entendidos como níveis máximos toleráveis de concentração de poluentes atmosféricos, constituindo-se em metas de curto e médio prazo.

II. SECUNDÁRIOS

São padrões com valores mais rígidos, onde considera-se o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora e ao meio ambiente em geral. Podem ser entendidos como níveis desejados de concentração de poluentes. Devem ser aplicados à área de preservação.

Como prevê a própria Resolução CONAMA N°. 03/90, a aplicação diferenciada de padrões exige a divisão do território nacional em classes I, II e III conforme o uso pretendido. A mesma resolução prevê a aplicação dos padrões primários, enquanto não for estabelecida a classificação das áreas.

Os parâmetros regulamentados são os seguintes:

a) Partículas Totais em Suspensão

- Uma concentração média geométrica anual das medições diárias, de 80 microgramas por metro cúbico, e;
- Uma concentração máxima diária de 240 microgramas por metro cúbico, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

b) Partículas Respiráveis

- Uma concentração média aritmética anual de 50 microgramas por metro cúbico, e;

- Uma concentração máxima diária de 150 microgramas por metro cúbico, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

Ruído

Conforme dispõe a Resolução 01 de 08/03/1990 do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente - é estabelecido o seguinte:

“I - A emissão de ruído em decorrência de quaisquer atividades industriais, comerciais, sociais ou recreativas, inclusive as de propaganda política, obedecerá, no interesse da saúde, do sossego público, aos padrões, critérios e diretrizes estabelecidos nesta Resolução.

II - São prejudiciais à saúde e ao sossego público, para os fins do item anterior aos ruídos com níveis superiores aos considerados aceitáveis pela norma NBR 10151 - Avaliação do Ruído em Área Habitadas visando o conforto da comunidade, da Associação Brasileira de Normas Técnicas - ABNT.”

Os valores estabelecidos variam de acordo com o local; para residência considera-se 50 dB(A). Entretanto níveis superiores ao estabelecido são considerados de desconforto, sem necessariamente implicar em risco de dano à saúde.

A Portaria do Ministério do Interior N°. 92 de 19/06/80 determina como limites:

- 70 dB(A) - durante o dia;
- 60 dB(A) - durante a noite.

Visando assegurar princípios para manter o meio ambiente em equilíbrio, foi criada a Lei de Crimes Ambientais, Lei N°. 9.605 de 12/02/1998, publicada no D.O.U. em 13/02/1998, que dentre outros aspectos trata o seguinte:

Na Seção III - da Poluição e outros Crimes Ambientais.

“Artigo 54 - Causar poluição de qualquer natureza em níveis tais que resultem ou possam resultar em danos à saúde humana, ou que provoquem a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora. Pena: reclusão, de um a cinco anos.

Artigo 55 - Executar pesquisa, lavra ou extração de recursos minerais sem a competente autorização, permissão, concessão ou licença, ou em desacordo com a obtida. Pena: detenção, de seis meses a um ano, e multa.

Parágrafo Único. Nas mesmas penas incorre quem deixa de recuperar a área pesquisada ou explorada, nos termos da autorização, permissão, licença, concessão ou determinação do órgão competente”.

PARA O AMBIENTE DE TRABALHO

Poeiras

A legislação brasileira que trata de Segurança e Saúde do trabalhador consta do Cap. V da C.L.T., que foi alterado pela Lei 6514 de 22/12/77. Através da Portaria 3214 de 08/06/78 , do Ministério do Trabalho, foram aprovadas as Normas Regulamentadoras, que regem todos os procedimentos e padrões na área de Segurança e Medicina do Trabalho.

O assunto em pauta é tratado na NR-15 - Norma Regulamentadora 15 em seu Anexo N°. 12, que dispõe sobre poeiras minerais. Os Limites de Tolerâncias (L.T.) para poeira contendo sílica livre cristalizada permanecem os mesmos desde 1978, ano de publicação da Portaria 3214, não são valores fixos, devendo ser calculados em função do percentual de sílica na poeira coletada, pelas seguintes fórmulas:

a) Sílica na Poeira Respirável

A fórmula apresentada a seguir para o Limite de Tolerância (L.T.) aplica-se à poeira em suspensão coletada com filtros de membrana de PVC de 5µm, utilizado em porta-filtro de 37,0 mm, juntamente com o ciclone separador da fração respirável, ou seja, partículas abaixo de 10µ. Para a utilização dessa fórmula a sílica livre cristalizada deve apresentar-se na forma de quartzo e a jornada de trabalho não deve ultrapassar 48 horas.

$$\text{L.T.} = \frac{8,0}{\% \text{ de Quartzo} + 2} \text{ mg/m}^3$$

b) Sílica na Poeira Total

O Limite de Tolerância (L.T.) para poeira total não é mais utilizado pelas importantes organizações internacionais, tal como a ACGIH, como avaliação de exposição ocupacional à sílica, pois o risco de silicose faz-se melhor representar pela amostragem de poeira respirável. Portanto, não deve servir de parâmetro para avaliação da exposição ocupacional à sílica, apesar de constar na NR-15 através da fórmula:

$$\text{L.T.} = \frac{24}{\% \text{ de Quartzo} + 3} \text{ mg/m}^3$$

c) Sílica em milhões de partículas por decímetro cúbico (mppdec)

+Mesmo constando na NR-15 esse limite, expresso pela fórmula abaixo, não é mais utilizado, pelo aparecimento de técnicas com melhor precisão

$$L.T. = \frac{8,5}{\% \text{ de Quartzo} + 10} \text{ mppdec}$$

Ruído

Considera a NR-15, em seu Anexo N°. 01, aprovada pela Portaria N°. 3214 de 08/06/78 do Ministério do Trabalho, que determina os seguintes limites de tolerância:

Nível de Ruído dB(A)	Máx. Exposição Diária Permitida	Nível de Ruído dB(A)	Máx. Exposição Diária Permitida
85	8hs	98	1hs15min
86	7hs	100	1h
87	6hs	102	45min
88	5hs	104	35min
89	4hs 30min	105	30min
90	4hs	106	25min
91	3hs30min	108	20min
92	3hs	110	15min
93	2hs40min	112	10min
94	2hs15min	114	08min
95	2hs	115	07min
96	1hs45min		

Fonte: MTE

As atividades ou operações que expõem os trabalhadores a níveis de ruído contínuo ou intermitente, superiores a 115 dB(A), sem proteção adequada, oferecem risco grave ou iminente.

RUÍDO DE IMPACTO

Entende-se por ruído de impacto aquele que apresenta picos de energia acústica de duração inferior a um segundo, a intervalos superiores a um segundo. O

limite de tolerância é de 120 dB(A), com decibelímetros operando no circuito de compensação “C” e circuito de resposta rápida (fast).

Se durante a jornada de trabalho ocorrerem dois ou mais períodos de exposição a ruído de diferentes níveis, devem ser considerados os seus efeitos combinados, de forma que, se a soma das frações a seguir exceder a unidade, a exposição encontra-se acima do Limite de Tolerância.

$$\frac{\underline{C1}}{\underline{T1}} + \frac{\underline{C2}}{\underline{T2}} + \frac{\underline{C3}}{\underline{T3}} = \frac{\underline{Cn}}{\underline{Tn}}$$

Na equação acima Cn indica o tempo total em que o trabalhador fica exposto a um nível de ruído específico e Tn indica a máxima exposição diária permissível a este nível, segundo o Quadro do Anexo I da Norma.

LEGISLAÇÃO INTERNACIONAL

PARA O MEIO AMBIENTE

Poluição Atmosférica

Nos Estados Unidos da América - E.U.A., a Environment Protection Agency - E.P.A., admite as seguintes concentrações:

a) Partículas Totais em Suspensão:

- 80 µg/m³ - média geométrica anual;
- 240 µg/m³ - máxima diária, não deve exceder mais de uma vez ao ano.

b) Partículas Respiráveis:

- 50 µg/m³ - média aritmética anual;
- 150 µg/m³ - máxima diária, não deve exceder mais de uma vez ao ano.

No Chile, a Resolução 1215 de 1978 do Ministério da Saúde determina os seguintes valores limites para concentrações de material particulado no meio ambiente, segundo CHILE (1978):

a) Partículas Totais em Suspensão:

- $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - média geométrica anual;
- $260 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - máxima diária, não deve exceder mais de uma vez ao ano.

b) Partículas Respiráveis:

- $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ - máxima diária, não deve exceder mais de uma vez ao ano.

Ruído

O Japão também adota para o meio ambiente, os valores padrões de acordo com o local (MITI, 1992):

Área Residencial:

- 60 dB(A) durante o dia;
- 50 dB(A) durante a noite.

Área Residencial e Industrial:

- 65 dB(A) durante o dia;
- 60 dB(A) durante a noite.

PARA AMBIENTE DE TRABALHO

Poeiras

No Japão, com base em MITI (1988), os limites de tolerância estabelecidos pela Academia de Higiene Industrial são os seguintes:

a) **Poeira com sílica livre acima de 10%.**

$$M = \frac{2,9}{0,22Q + 1} \text{ mg/m}^3 - \text{Poeira Respirável}$$

$$M = \frac{12}{0,23Q + 1} \text{ mg/m}^3 - \text{Poeira Total}$$

Onde:

Q = % de Quartzo e

M= Concentração de poeira

b) **Poeiras minerais com sílica menor que 10%.**

- 1,0 mg/m³ - Poeira Respirável
- 4,0 mg/m³ - Poeira Total

Nos E.U.A. o limite estabelecido para os polímeros de sílica livre cristalizada pela American Conference of Governmental Industrial Hygienists - ACGIH, proposto para jornada de trabalho de até 40 horas por semana, para Quartzo; Cristobalita; Tridimita é de 0,05 mg/m³. Para aplicação desse limite deve ser considerada a concentração de sílica na amostra.

Para jornadas maiores estes limites devem ser reduzidos. Estudos realizados por Brief & Scala propõem que a redução seja feita pela fórmula a seguir (FUNDACENTRO, 1992).

$$LT(h) = LT(40h) \times FR \qquad FR = \frac{40}{h} \times \frac{168 - h}{128}$$

Onde:

FR - Fator de redução

h - Horas totais de exposição por semana

Ruído

A American Conference of Governmental Industrial Hygienists - ACGIH, E.U.A., determina como limites de exposição os seguintes valores, para ruído contínuo e intermitente (ACGIH, 2001):

Limites de Tolerância para Ruído Contínuo ou Intermitente

Nível de Ruído dB(A)	Máx. Exposição Diária Permitida
100	15 min
97	30 min
94	01 hora
91	02 horas
88	04 horas
85	08 horas
82	16 horas
80	24 horas

Os valores limites são estabelecidos visando garantir uma boa qualidade para o meio ambiente e a saúde dos trabalhadores expostos a agentes nocivos. Porém os valores admitidos não são os mesmos para os vários países, devido a critérios diferentes de estabelecimento.

Comparando os padrões estabelecidos para o meio ambiente com referência a poeira os valores do Brasil e E.U.A. coincidem; tratando-se do ruído os parâmetros japoneses são mais rígidos que os brasileiros.

Para a saúde dos trabalhadores os valores estabelecidos para o ruído nos E.U.A. são mais rigorosos que no Brasil. Para a poeira que contém sílica a legislação brasileira admite valores maiores que a dos outros países.

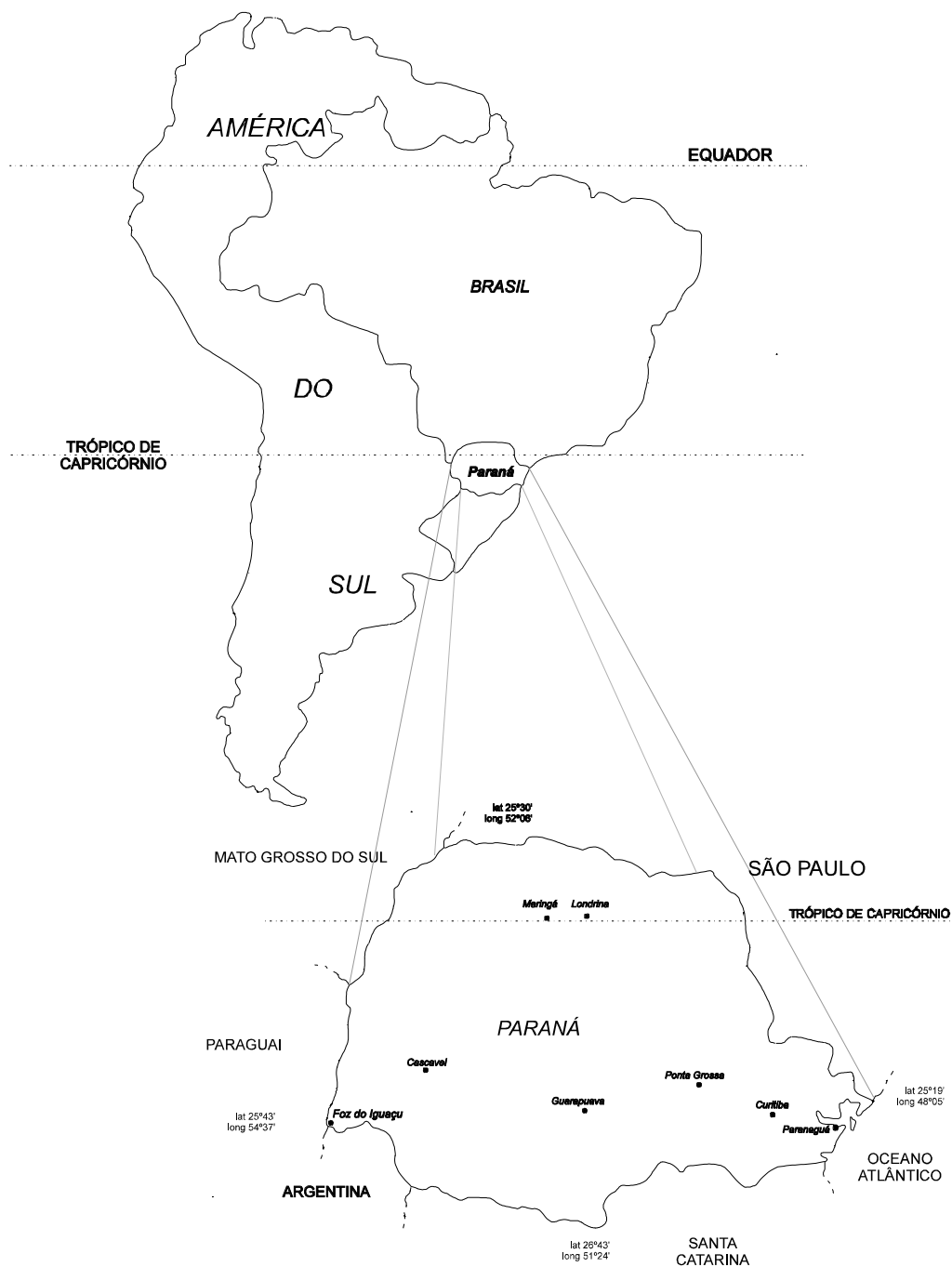


FIGURA 04 – MAPA DE LOCALIZAÇÃO DO ESTADO DO PARANÁ

QUESTIONÁRIO

1. Dados Pessoais

1.1. Função: _____

1.2. Data de Nascimento: _____

1.3. Local de Nascimento: município _____ Estado: _____

1.4. Estado Civil:

Solteiro ()

Casado ()

Outros _____

1.5. Reside em: apartamento () casa () outros: _____
própria () alugada ()

1.6. Quantas pessoas vivem com você? _____

1.7. Dessas, quantas trabalham regularmente? _____

1.8. Grau de Escolaridade:

Primeiro grau incompleto ()

Primeiro grau completo ()

Segundo grau incompleto ()

Segundo grau completo ()

Outros: _____

1.9. Quantas horas você trabalha por dia? (em média, incluindo horas extras) _____

1.10. Há quanto tempo está na empresa? _____

1.11. Teve treinamento na empresa para executar suas tarefas? Sim () Não ()

1.12. Tinha conhecimento da rotina do trabalho ao ser admitido? Sim () Não ()
Na própria empresa ()
Outras empresas ()

1.13. Quantas conduções você toma por dia? (ida e volta) _____

1.14. Qual o tempo gasto no trajeto? _____

1.15. Você tem algum trabalho fora da empresa? Sim () Não ()
Qual? _____

2. Saúde e Segurança

2.1. Nos últimos doze meses, você teve alguma licença médica? Sim () Não ()
Qual o motivo? _____

2.2. Você tem (ou teve) problema respiratório? Sim () Não ()

2.3. Você tem problema de audição? Sim () Não ()

2.4. Você tem problemas na pele em função do trabalho? Sim () Não ()

2.5. Em caso afirmativo, você já procurou um médico? Sim () Não ()

2.6. Qual a opinião do médico? _____

2.7. Você é fumante? Sim () Não ()

2.8. Você consome bebida alcoólica diariamente? (mesmo em pequena quantidade) Sim () Não ()

2.9. Você já teve algum acidente no trabalho? Sim () Não ()

Na empresa atual? Sim () Não ()

Outra empresa do mesmo ramo? Sim () Não ()

Que tipo de acidente? _____

2.10. Você conhece os riscos da função?

Sim () Quais? _____

Não ()

2.11. A empresa fornece equipamentos de proteção?

Sim () Quais? _____

Não ()

2.12. Você teve treinamento para o uso do equipamento de proteção?

Sim () Não ()

2.13. Você usa o equipamento de proteção?

Sim () Não ()

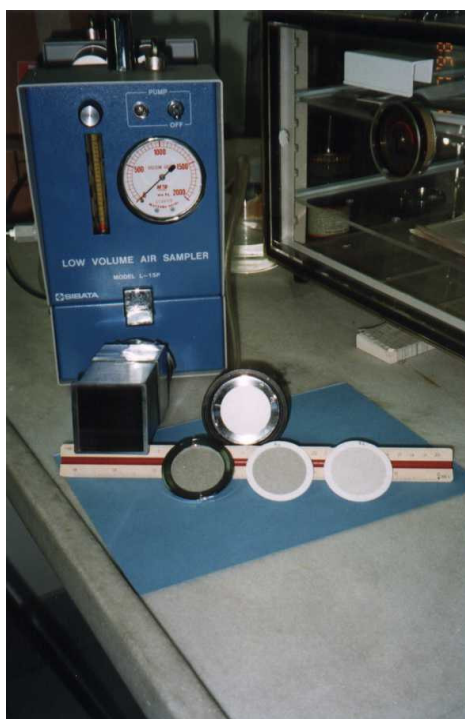


FIGURA 75– AMOSTRADOR DE PEQUENO VOLUME PARA COLETA DE PARTÍCULAS RESPIRÁVEIS NO MEIO AMBIENTE, OBSERVANDO-SE OS FILTROS UTILIZADOS.



FIGURA 76 – AMOSTRADOR DE PEQUENO VOLUME PARA COLETA DE PARTÍCULAS RESPIRÁVEIS NO MEIO AMBIENTE



FIGURA 77 – AMOSTRADOR DE GRANDE VOLUME PARA COLETA DE PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO NO MEIO AMBIENTE



FIGURA 78 – ESTAÇÃO DE MONITORAMENTO OBSERVANDO-SE OS AMOSTRADORES DE GRANDE E PEQUENO VOLUMES.

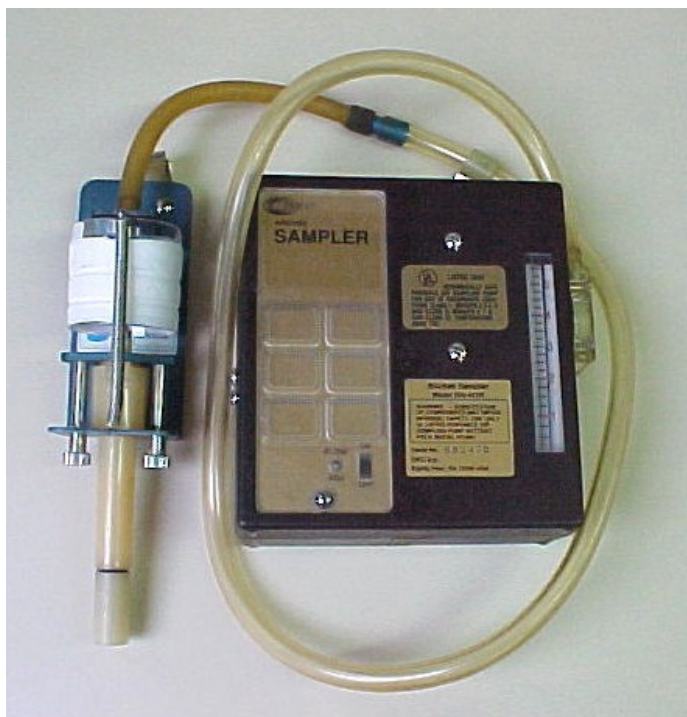


FIGURA 79 – BOMBA DE AMOSTRAGEM E CICLONE SEPARADOR DE PARTÍCULAS UTILIZADOS PARA COLETA DE POEIRA NO TRABALHADOR



FIGURA 80 – MEDIDOR DE NÍVEL DE PRESSÃO SONORA UTILIZADO PARA MEDIÇÃO DE RUÍDO PARA O TRABALHADOR E O MEIO AMBIENTE